

0717-0446P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

I N F O R M A T I O N   S H E E T

jc784 U.S. PRO  
09/670820  
09/26/00

Applicant: SHIMONAKA, Atsushi

Application No.:

Filed: September 28, 2000

For: SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT AND ELECTRONIC DEVICE USING THE  
SAME

Priority Claimed:

COUNTRY	DATE	NUMBER
Japan	09/28/99	11-275399
Japan	09/19/00	2000-284429

114  
2/27/01  
M. F. reagan

Send Correspondence to: BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP  
P. O. Box 747  
Falls Church, Virginia 22040-0747  
(703) 205-8000

The above information is submitted to advise the USPTO of all relevant facts in connection with the present application. A timely executed Declaration in accordance with 37 CFR 1.64 will follow.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By

TERRELL C. BIRCH

Reg. No. 19,382

P. O. Box 747

Falls Church, VA 22040-0747

/amr

(703) 205-8000

日本特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2000年 9月19日

出願番号  
Application Number: 特願2000-284429

出願人  
Applicant(s): シャープ株式会社

2000年11月 6日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2000-3091124

【書類名】 特許願  
【整理番号】 00J03104  
【提出日】 平成12年 9月19日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01S 3/23  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内  
【氏名】 下中 淳  
【特許出願人】  
【識別番号】 000005049  
【氏名又は名称】 シャープ株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100078282  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 山本 秀策  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 平成11年特許願第275399号  
【出願日】 平成11年 9月28日  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 001878  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9005652  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ素子およびそれを使用した電子機器

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光が発せられる活性層を備えた少なくとも1つのレーザ発光部が設けられた半導体レーザ領域と、

第1の導波層を備え、前記第1の導波層の一方の端が前記少なくとも1つのレーザ発光部の前記活性層と光学的に結合された多モード干渉領域と、

第2の導波層を備え、第2の導波層が前記第1の導波層の他方の端と光学的に結合された出力導波路領域と、

を備えた半導体レーザ素子であって、

前記少なくとも1つのレーザ発光部の前記活性層と、前記第1の導波層と、前記第2の導波層とが、一体化されて形成されている、半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記半導体レーザ領域が複数の前記レーザ発光部を備え、複数の前記レーザ発光部が整列して配置されている、請求項1に記載の半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記半導体レーザ領域と前記多モード干渉領域と前記出力導波路領域とが同一の半導体基板上に設けられている、請求項1に記載の半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記半導体基板背面に設けられた第1の電極と、  
少なくとも前記半導体レーザ領域上面に設けられた第2の電極と、  
を更に備える、請求項3に記載の半導体レーザ素子。

【請求項5】 前記出力導波路領域上面および前記多モード干渉領域上面の少なくとも一部の少なくとも一方に設けられた第3の電極を更に備える、請求項4に記載の半導体レーザ素子。

【請求項6】 前記第3の電極にバイアス電圧が印加される、請求項5に記載の半導体レーザ素子。

【請求項7】 前記第2の電極が前記多モード干渉領域上面の少なくとも一部に達する、請求項4に記載の半導体レーザ素子。

【請求項8】 前記半導体基板背面に設けられた第1の電極と、

少なくとも前記多モード干渉領域上面に設けられた第4の電極と、  
を更に備える、請求項3に記載の半導体レーザ素子。

【請求項9】 前記少なくとも1つのレーザ発光部の前記活性層と、前記第1の導波層と、前記第2の導波層とが、同一の材料にて一体化されて形成されて  
いる、請求項1に記載の半導体レーザ素子。

【請求項10】 前記半導体レーザ領域が複数の前記レーザ発光部を備え、  
前記複数のレーザ発光部の複数の前記活性層と前記第1の導波層との間に、前  
記複数の活性層と前記第1の導波層とを光学的に結合させるための複数の第3の  
導波層を備えた入力導波路領域を更に備える、請求項1に記載の半導体レーザ素  
子。

【請求項11】 前記複数の活性層と、前記第1の導波層と、前記複数の第  
3の導波層とが、同一の材料にて一体化されて形成されている、請求項10に記  
載の半導体レーザ素子。

【請求項12】 前記第1の導波層と前記複数の第3の導波層とが、低光吸  
収の材料によって形成されている、請求項10に記載の半導体レーザ素子。

【請求項13】 前記第1の導波層と前記複数の第3の導波層とが、AlG  
aAsによって形成されている、請求項12に記載の半導体レーザ素子。

【請求項14】 請求項1に記載の半導体レーザ素子を備え、前記半導体レ  
ーザ素子へ変調信号を出力する、電子機器。

【請求項15】 レーザ発振される活性層を備えた少なくとも1つのレーザ  
発振部が設けられた半導体レーザ領域と、

第1の導波層を備え、前記第1の導波層の一方の端が前記少なくとも1つのレ  
ーザ発振部の前記活性層と光学的に結合された多モード干渉領域と、  
を備えた半導体レーザ素子であって、

前記少なくとも1つのレーザ発振部の前記活性層と前記第1の導波層とが、一  
体化されて形成されている、半導体レーザ素子。

【請求項16】 前記半導体レーザ領域が複数の前記レーザ発振部を備え、  
複数の前記レーザ発振部が整列して配置されている、請求項15に記載の半導体  
レーザ素子。

【請求項17】 前記半導体レーザ領域と前記多モード干渉領域とが同一の半導体基板上に設けられている、請求項15に記載の半導体レーザ素子。

【請求項18】 前記多モード干渉領域には、レーザ光が出射される出力導波路領域が一体化されて設けられている、請求項15に記載の半導体レーザ素子。

【請求項19】 前記半導体レーザ領域が複数の前記レーザ発振部を備え、前記複数のレーザ発振部の複数の前記活性層と前記第1の導波層との間に、前記複数の活性層と前記第1の導波層とを光学的に結合させるための複数の第2の導波層を備えた入力導波路領域を更に備える、請求項15に記載の半導体レーザ素子。

【請求項20】 前記複数の活性層と前記複数の第2の導波層との間に、誘電体膜を更に備え、

前記複数の活性層と前記複数の第2の導波層とが、前記誘電体膜を介して光学的に結合されている、請求項19に記載の半導体レーザ素子。

【請求項21】 前記第1の導波層と前記複数の第2の導波層とが、低光吸収の材料によって形成されている、請求項19に記載の半導体レーザ素子。

【請求項22】 前記第1の導波層と前記複数の第2の導波層とが、AlGaAsによって形成されている、請求項21に記載の半導体レーザ素子。

【請求項23】 前記複数の第2の導波層が、それぞれ所定の等価屈折率を有する、請求項19に記載の半導体レーザ素子。

【請求項24】 前記複数の第2の導波層が、それぞれ所定の幅方向寸法を有する請求項19に記載の半導体レーザ素子。

【請求項25】 前記複数の第2の導波層のそれぞれの幅方向寸法の、それぞれの前記所定の幅方向寸法に対する誤差が、0.05μm以下である、請求項24に記載の半導体レーザ素子。

【請求項26】 前記複数の第2の導波層の形状パターンが、縮小露光法によって形成される、請求項19に記載の半導体レーザ素子。

【請求項27】 請求項15に記載の半導体レーザ素子を備え、前記半導体レーザ素子へ変調信号を出力する、電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ワイヤレス光通信の送信光源等として好適に使用される高出力および高速変調可能な半導体レーザ素子およびそれを使用した電子機器に関する。

【0002】

【従来の技術】

ワイヤレス光通信の送信光源として使用される半導体レーザ素子としては、高出力であって高速変調が可能であり、しかも、真円状の均一な光放射パターンが得られることが好ましい。しかしながら、通常の半導体レーザ素子では、レーザー光の出力レベルが高くなると、レーザ光が出射される端面が溶解する瞬時光学損傷（COD）という現象が発生する。CODは、以下のように発生する。

【0003】

レーザ光の出射端面近傍においては、発光に寄与しない表面準位が存在するために、この表面準位に電流が注入されると、キャリアは、発光のために消費されることなく、熱エネルギーに変化する。このために、レーザ光の出射端面において温度が上昇することになるが、このような温度上昇によって、バンドギャップがさらに小さくなり、出射端面における光吸収が発生し、温度上昇がさらに促進されることになる。このように正帰還的に温度が上昇することによって、レーザ光の出射端面が溶解するCODが発生する。

【0004】

CODが発生しないようにするための方法として、通常、レーザ光の出射端面近傍において、光密度を低下させる方法、あるいは、その端面近傍を、光吸収が発生しないように、発振波長に対して透明にする方法が採用されている。

【0005】

「Applied Physics Letters」第60巻、第6号、第668～670ページ（J. L. Mawstら）には、図12に示す位相同期アレイ半導体レーザ素子50が提案されている。この位相同期アレイ半導体レーザ素子では、半導体基板51上に、第1下部クラッド層52および活性層53が、

順次、積層されており、活性層53上には、適当な間隔をあけて複数のリッジ部分54が設けられている。各リッジ部54では、第2下部クラッド層54a、導波層54b、第2上部クラッド層54cが、それぞれ積層されている。そして、各リッジ部54を覆うように、第1活性層53上に、第1上部クラッド層55が設けられている。

## 【0006】

活性層53の屈折率n2は、第1下部クラッド層52の屈折率n1よりも大きく、第1上部クラッド層55の屈折率n3よりも小さくなっている ( $n1 < n2 < n3$ )。また、各リッジ部54における導波層54bの屈折率n5は、活性層53の屈折率n2よりも大きく、しかも、リッジ部54の第2下部クラッド層54aの屈折率n4よりも大きく第2上部クラッド層54cの屈折率n6よりも小さくなっている ( $n2 < n5, n4 < n5 < n6$ )。

## 【0007】

このような構成の位相同期アレイ半導体レーザ50では、活性層53にて生じた光は、各リッジ部54では、導波層54b内に閉じ込められて導波する。リッジ部54の間の部分では、活性層53内に生じた光は、活性層53内に閉じ込められて導波する。このような構成により、全ての導波レーザ光の位相が同期した場合に、発振閾値電流が最低になり、位相同期半導体レーザが発振される。

## 【0008】

また、図13に示すような窓構造半導体レーザ素子も提案されている。この窓構造半導体レーザ素子60では、基板61上に、下部クラッド層62、活性層63、上部クラッド層64、キャップ層65が、順次、積層されているが、半導体レーザが発振される各端面近傍部分では、下部クラッド層62の一部と、活性層63および上部クラッド層64とが、それぞれ除去されて、pブロック層66およびnブロック層67が、それぞれ積層状態で設けられている。各ブロック層66および67は、透明であって、光を吸収しない材料によってそれぞれ構成されている。

## 【0009】

このような構成の窓構造半導体レーザ素子60では、レーザ光が出射される各

端部において、光が吸収されないために、C O Dの発生が防止され、高出力化が可能になる。

【0010】

さらには、全体における光密度を低下させるために、電流狭窄幅を広くしたブロードエリア半導体レーザ素子も開発されている。

【0011】

特開平11-68242号公報には、多モード導波路領域の両側に、シングルモードの導波路領域が設けられた半導体レーザ素子が開示されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

図12に示す位相同期アレイ半導体レーザ素子50では、レーザ発振部がアレイ状に配置されているために、放射パターンが上下方向および左右方向において非対称になる。このために、伝送エリアが橢円形状になり、天井取り付け型の光送信器として好適に使用できるものではない。また、活性層53および導波層54bにおいて、レーザ光の位相を同期させる必要があり、作製が容易でなく、歩留まりが低下するという問題もある。

【0013】

図13に示す窓構造半導体レーザ素子60では、C O Dの発生が防止されるために、高出力化が可能になるものの、大電流が活性層63に注入されることによって、結晶欠陥が発生するおそれがあり、長期にわたって安定的に動作させることができないおそれがある。

【0014】

上述のブロードエリア半導体レーザ素子では、電流注入領域が広くなるために、レーザ素子としての静電容量が増大し、その結果、高速変調が容易でないという問題がある。また、発振が多モードであり、放射パターンも、位相同期アレイ半導体レーザ素子と同様に橢円形状になるために、ワイヤレス通信光源としては好ましいものではない。

【0015】

さらに、特開平11-68242号公報に開示された半導体レーザ素子も、素

子全体が活性領域になっており、光出射端面においてCODが発生する出力レベルが低い半導体レーザ素子しか得られない。さらに、電流注入領域が広がるために静電容量が増大し、その結果、高速変調が容易でないという問題がある。

【0016】

本発明は、上記のような課題を解決するものであり、高出力で長期にわたって安定に動作し、真円状に近い放射パターンが得られる単一モード発振レーザ素子を提供することを目的とする。さらに、高速変調可能な高出力単一モード発振レーザ素子およびこれらの発振レーザ素子を使用した電子機器を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザ素子は、光が発せられる活性層を備えた少なくとも1つのレーザ発光部が設けられた半導体レーザ領域と、第1の導波層を備え前記第1の導波層の一方の端が前記少なくとも1つのレーザ発光部の前記活性層と光学的に結合された多モード干渉領域と、第2の導波層を備え第2の導波層が前記第1の導波層の他方の端と光学的に結合された出力導波路領域と、を備えた半導体レーザ素子であって、前記少なくとも1つのレーザ発光部の前記活性層と、前記第1の導波層と、前記第2の導波層とが、一体化されて形成されている。

【0018】

前記半導体レーザ領域が複数の前記レーザ発光部を備え、複数の前記レーザ発光部が整列して配置されていてもよい。

【0019】

前記半導体レーザ領域と前記多モード干渉領域と前記出力導波路領域とが同一の半導体基板上に設けられていてもよい。

【0020】

前記半導体基板背面に設けられた第1の電極と、少なくとも前記半導体レーザ領域上面に設けられた第2の電極と、を更に備えてよい。

【0021】

前記出力導波路領域上面および前記多モード干渉領域上面の少なくとも一部の

少なくとも一方に設けられた第3の電極を更に備えてもよい。

【0022】

前記第3の電極にバイアス電圧が印加されてもよい。

【0023】

前記第2の電極が前記多モード干渉領域上面の少なくとも一部に達してもよい。

前記半導体基板背面に設けられた第1の電極と、少なくとも前記多モード干渉領域上面に設けられた第4の電極と、を更に備えてもよい。

【0024】

前記少なくとも1つのレーザ発光部の前記活性層と、前記第1の導波層と、前記第2の導波層とが、同一の材料にて一体化されて形成されていてもよい。

【0025】

前記半導体レーザ領域が複数の前記レーザ発光部を備え、前記複数のレーザ発光部の複数の前記活性層と前記第1の導波層との間に、前記複数の活性層と前記第1の導波層とを光学的に結合させるための複数の第3の導波層を備えた入力導波路領域を更に備えてもよい。

【0026】

前記複数の活性層と、前記第1の導波層と、前記複数の第3の導波層とが、同一の材料にて一体化されて形成されていてもよい。

【0027】

前記第1の導波層と前記複数の第3の導波層とが、低光吸收の材料によって形成されていてもよい。

【0028】

前記第1の導波層と前記複数の第3の導波層とが、AlGaAsによって形成されていてもよい。

【0029】

本発明の電子機器は、上記に記載の半導体レーザ素子を備え、前記半導体レーザ素子へ変調信号を出力する。

【0030】

本発明の半導体レーザ素子は、レーザ発振される活性層を備えた少なくとも1つのレーザ発振部が設けられた半導体レーザ領域と、第1の導波層を備え前記第1の導波層の一方の端が前記少なくとも1つのレーザ発振部の前記活性層と光学的に結合された多モード干渉領域と、を備えた半導体レーザ素子であって、前記少なくとも1つのレーザ発振部の前記活性層と、前記第1の導波層と、前記第2の導波層とが、一体化されて形成されている。

【0031】

前記半導体レーザ領域が複数の前記レーザ発振部を備え、複数の前記レーザ発振部が整列して配置されていてもよい。

【0032】

前記半導体レーザ領域と前記多モード干渉領域とが同一の半導体基板上に設けられていてもよい。

【0033】

前記多モード干渉領域には、レーザ光が出射される出力導波路領域が一体化されて設けられていてもよい。

【0034】

前記半導体レーザ領域が複数の前記レーザ発振部を備え、前記複数のレーザ発振部の複数の前記活性層と前記第1の導波層との間に、前記複数の活性層と前記第1の導波層とを光学的に結合させるための複数の第2の導波層を備えた入力導波路領域を更に備えてよい。

【0035】

前記複数の活性層と前記複数の第2の導波層との間に誘電体膜を更に備え、前記複数の活性層と前記複数の第2の導波層とが、前記誘電体膜を介して光学的に結合されていてもよい。

【0036】

前記第1の導波層と前記複数の第2の導波層とが、低光吸收の材料によって形成されていてもよい。

【0037】

前記第1の導波層と前記複数の第2の導波層とが、AlGaAsによって形成

されていてもよい。

【0038】

前記複数の第2の導波層が、それぞれ所定の等価屈折率を有してもよい。

【0039】

前記複数の第2の導波層が、それぞれ所定の幅方向寸法を有してもよい。

【0040】

前記複数の第2の導波層のそれぞれの幅方向寸法の、それぞれの前記所定の幅方向寸法に対する誤差が、0.05 μm以下であってもよい。

【0041】

前記複数の第2の導波層の形状パターンが、縮小露光法によって形成されてもよい。

【0042】

本発明の電子機器は、上記に記載の半導体レーザ素子を備え、前記半導体レーザ素子へ変調信号を出力する。

【0043】

本発明の半導体レーザ素子は、活性層を有し少なくとも1つの導波路構造からなる半導体レーザ領域と、半導体レーザ領域と光学的に結合した多モード干渉領域と、多モード干渉領域と光学的に結合した出力導波路領域とを備え、これらの領域が一体となり共振器構造を形成しており、さらに、出力導波路の光出射端面近傍を除く表面領域の内の少なくとも一部に電流注入用電極を設け、電流注入用電極が設けられた導波路領域を、実効的な活性領域とする事を特徴としている。

【0044】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。

【0045】

(実施の形態1)

図1に、本発明の半導体レーザ装置の実施の形態1における半導体レーザ素子10の斜視図を示す。この半導体レーザ素子10は、n型GaAsによって構成された半導体基板11を有している。半導体基板11は、長手方向寸法が871

$\mu\text{m}$ 、幅方向寸法が $30\mu\text{m}$ の長方形の表面を有している。なお、図1においては、長手方向の寸法を、幅方向寸法よりも短く表わされている。半導体基板11の下面には、負電極16が半導体基板11の下面全体にわたって設けられている。

## 【0046】

半導体基板11の長手方向の中央部上には、長手方向に沿って $321\mu\text{m}$ の長さにわたって、MMI (Multi-mode interference: 多モード干渉) 領域10aが設けられている。また、MMI領域10aにおける長手方向の一方の側方には、半導体レーザ領域10bが設けられており、MMI領域10aの他方の側方には、出力導波路領域10cが設けられている。

## 【0047】

半導体基板11の長手方向中央部上に設けられたMMI領域10aには、厚さが $0.5\mu\text{m}$ のGaAsによって構成されたバッファ層（図示せず）を介して、厚さが $1.5\mu\text{m}$ の $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}_{0.39}\text{P}_{0.61}$ によって構成された下部クラッド層12aが積層状態で設けられており、この下部クラッド層12a上に、厚さ $0.5\mu\text{m}$ の $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}_{0.49}\text{P}_{0.51}$ によって構成された導波層13a、厚さ $1.5\mu\text{m}$ の $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}_{0.39}\text{P}_{0.61}$ によって構成された上部クラッド層14aがそれぞれ積層されている。

## 【0048】

MMI領域10aの側方に配置された出力導波路領域10cには、半導体基板11上面の幅方向中央部に、半導体基板11の長手方向に沿って延びる出力導波路10eが設けられている。出力導波路10eには、MMI領域10aと同様に、厚さが $0.5\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ によって構成されたバッファ層（図示せず）を介して、厚さが $1.5\mu\text{m}$ の $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}_{0.39}\text{P}_{0.61}$ によって構成された下部クラッド層12cが積層状態で設けられており、この下部クラッド層12c上に、厚さ $0.5\mu\text{m}$ の $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}_{0.49}\text{P}_{0.51}$ によって構成された導波層13c、厚さ $1.5\mu\text{m}$ の $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}_{0.39}\text{P}_{0.61}$ によって構成された上部クラッド層14cがそれぞれ積層されている。

## 【0049】

MMI領域10aの上面および出力導波路10cの上面には、バイアス用正電極15aが、MMI領域10aおよび出力導波路10cの上面全体を覆うように設けられている。

#### 【0050】

MMI領域10aの他方の側方に配置された半導体レーザ領域10bでは、半導体基板11上に、幅方向に等しい間隔をあけて、それぞれが長手方向に沿って延びる10個のレーザ発光部10dが設けられている。各レーザ発光部10dは、MMI領域部10aと同様に、厚さが0.5μmのGaAsによって構成されたバッファ層（図示せず）を介して、厚さが1.5μmのIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As<sub>0.39</sub>P<sub>0.61</sub>によって構成された下部クラッド層12bが積層されており、下部クラッド層12b上に、厚さが0.5μmのIn<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As<sub>0.49</sub>P<sub>0.51</sub>の活性層13b、厚さが1.5μmのIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As<sub>0.39</sub>P<sub>0.61</sub>の上部クラッド層14bがそれぞれ積層されている。

#### 【0051】

各レーザ発光部10dは、幅方向寸法が、それぞれ1μmになっており、10個のレーザ発光部10dは、MMI領域10aの幅方向中央部を中心線として線対称に配置されている。従って、隣接するレーザ発光部10d同士の間隔は、それぞれ、3μmになっている。

#### 【0052】

半導体レーザ領域10bにおける半導体基板11の上面には、各レーザ発光部10dが設けられた部分以外に、SiO<sub>2</sub>膜によって構成された埋め込み誘電体層17が設けられている。そして、各レーザ発光部10dの上面および各埋め込み誘電体層17の上面の全体にわたって、MMI領域10aに設けられたバイアス正電極15aとは適当な間隔をあけて配置された変調用正電極15bが設けられている。

#### 【0053】

このような構成の半導体レーザ素子10は、次のように製造される。n型GaAsによって構成された半導体基板11上に、まず、厚さが0.5μmのGaAsのバッファ層（図示せず）、厚さが1.5μmのn型In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As<sub>0.39</sub>

$P_{0.61}$ の下部クラッド層12a、12b、12c、厚さが0.5 μmの $In_{0.25}Ga_{0.75}As_{0.49}P_{0.51}$ の活性層13bおよび導波層13a、13c、厚さが1.5 μmのp型 $In_{0.3}Ga_{0.7}As_{0.39}P_{0.61}$ の上部クラッド層14a、14b、14cが、それぞれ有機金属気相成長法(MOCVD)によって順次積層される。その後、通常のマスクプロセスとドライエッチング技術によって、図2に示すように、長手方向中央部にMMI領域10aが形成されるとともに、それぞれがMMI領域10aと一体となった10本のレーザ発光部10dおよび出力導波路10eがそれぞれ形成される。

#### 【0054】

このような状態になると、エッチングされた領域を埋めるように、 $SiO_2$ 膜が、スパッタ法、またはCVD法によって形成される。これにより、各レーザ発光部10dの間、および、両側に位置する各レーザ発光部10dの外側に、 $SiO_2$ 膜製の埋め込み誘電体層17がそれぞれ形成される。その後、正電極15aおよび15bおよび負電極16がそれぞれ上記で説明した位置に形成される。なお、負電極16は、予め半導体基板11の背面側に設けられていてもよい。

#### 【0055】

このような構成の半導体レーザー素子10では、半導体基板11の背面側に設けられた負電極16と、半導体レーザ領域10bにおける変調用正電極15bとの間に、変調電圧が印加されるとともに、MMI領域10aおよび出力導波路領域10cに設けられたバイアス用正電極15aにも、適当なバイアス電圧(直流電圧)が印加される。なお、バイアス用正電極15aおよび変調用正電極15bは、相互に分離された状態になっているために、MMI領域10aにおけるバイアス正電極15aに印加される電圧によって、各レーザ発光部10dにおける変調特性に対する影響は認められない。

#### 【0056】

このように、変調用正電極15bから、アレイ状の各レーザ発光部10dに電流が注入されて、各レーザ発光部10dにおける活性層13bにて光がそれぞれ発せられる。

#### 【0057】

各レーザ発光部10dにて発せられた光は、各レーザ発光部10dの活性層13bを伝播して、MMI領域10aの導波層13a内に進入する。この場合、各レーザ発光部10dの活性層13bと、MMI領域10aの導波層13aとが同一の半導体材料によって一体的に構成されているために、各活性層13bおよび導波層13aが共振器として機能し、各活性層13bにて発せられた光は、MMI領域10a内の導波層13aにて光学的に組み合わされる。そして、MMI領域10a内の導波層13aの終端にて单一モードとなったレーザー光とされて、そのレーザ光が、出力導波路領域10cに設けられた出力導波路10eにおける導波層13cを通って出射される。

#### 【0058】

この場合、MMI領域10aおよび出力導波路10cに設けられた正電極15aに、適当なバイアス電圧を印加することにより、各レーザ発光部10dの活性層13bから発せられる光は、MMI領域10aにおける導波層13a内にて吸収されることなく、出力導波路10eから出射される。

#### 【0059】

出力導波路10eから出射されるレーザ光は、出力導波路10eが单一モードになっているために、その放射パターンは、单峰になっており、しかも、真円に近くなっている。また、出力導波路10eでは、バイアス用正電極15aによって、適当なバイアス電圧が印加されているが、その電流密度が小さいために、表面準位の非発光結合が少なく、温度上昇が抑制される。その結果、出力導波路10eにおけるC.O.D（瞬時光学損傷）が発生する出力レベルを高くすることができる。

#### 【0060】

このように、半導体レーザ領域10bにおける1μm幅の各レーザ発光部10dにおいて、電流注入層としてそれぞれ設けられた活性層13bに電流が注入されることにより、各活性層13bから光がそれぞれ出力される。各レーザ発光部10dは、それぞれの両側に設けられたSiO<sub>2</sub>膜製の埋め込み誘電体層17によって電流が狭窄された埋め込みヘテロストラクチャーレーザ（B.H.レーザ）になっており、しかも、各レーザ発光部10dの活性層13bは、幅が1μm程度

と小さくなっていることによって、半導体の寄生容量が小さく、従って、素子変調部の静電容量が小さくなっている。

## 【0061】

このような半導体レーザ素子10では、BHレーザである各レーザ発光部10dが、負電極16および変調用正電極15bに対して並列に接続されているために、図3に示す電気回路と等価になっており、各レーザ発光部10dは、インダクタンスL、容量C、抵抗Rによって、それぞれ表示される。この場合、各レーザ発光部10dの抵抗Rに生じる電圧を評価することにより、各レーザ発光部10dの周波数伝達関数Aが評価される。各レーザ発光部10dにおける抵抗Rの電流Iと入力電圧Vとの関係は、次の(1)式によって表される。

## 【0062】

$$I = V / Z(\omega) \quad \dots \quad (1)$$

この場合、入力抵抗を50Ωとすると、Z(ω)は、次の(2)式で示される。

## 【0063】

$$Z(\omega) = (50N + j\omega L) (1 + j\omega RC) + R \quad \dots \quad (2)$$

(2)式において、 $\omega$ は角周波数であり、周波数fを用いて、 $\omega = 2\pi f$ で表される。また、jは虚数である。

## 【0064】

周波数伝達関数A(f)は、次の(3)式によって表される。

## 【0065】

$$A(f) = |Z(0) / Z(2\pi f)| \quad \dots \quad (3)$$

10個のレーザ発光部10dが設けられた本実施の形態の半導体レーザ素子10は、各レーザ発光部10dのインダクタンスLが1nH、静電容量Cが2pF、抵抗Rが5.7Ωになっており、その半導体レーザ素子10の周波数伝達関数(インジェクションレシオ)を図4に実線で示す。この半導体レーザー素子10では、静電容量が小さくなっているために、高周波数の広い領域において、良好な周波数伝達関数(インジェクションレシオ)になっており、高速応答性を有している。また、100個のレーザ発光部10dを設けたこと以外は、図1と同様

の構成の半導体レーザ素子の場合の周波数伝達関数（インジェクションレシオ）を、図4に破線で示す。この場合の周波数伝達関数は、10個のレーザ発光部10dを有する半導体レーザ素子の周波数伝達関数とほとんど変化していない。

#### 【0066】

比較のために、ブロードエリア半導体レーザ素子（インダクタンスLが1.3nH、静電容量Cが150pF、抵抗Rが2.5Ω）の場合の周波数伝達関数を、図4に一点鎖線で示す。ブロードエリア半導体レーザ素子の場合には、静電容量Cが大きいために、図1に示す本実施の形態の半導体レーザ素子10の1/10程度の応答速度しか得られなかった。

#### 【0067】

なお、図1に示す半導体レーザ素子10の信頼性を測定したところ、300mWの出力では、10万時間に近い寿命が得られた。

#### 【0068】

以上のように、図1に示す半導体レーザ素子10では、高出力化、高信頼性、高速応答性が、同時に得られる。

#### 【0069】

##### （実施の形態2）

図5に、本発明の半導体レーザ装置の実施の形態2における半導体レーザ素子10'の斜視図を示す。なお、本発明の実施の形態において、同一機能を示す構成要素には同じ参照符号を付して説明している。図5に示される半導体レーザ素子10'のバイアス用正電極15a'および変調用正電極15b'、それぞれの長さは、図1に示される半導体レーザ素子10のバイアス用正電極15aおよび変調用正電極15bのそれぞれの長さと異なっている。

#### 【0070】

半導体レーザ素子10'の製造方法は実施の形態1と同様であるので詳述しないが、図2に示される様に、半導体レーザ領域10b、多モード干渉領域10a、出力導波路領域10cを順次形成する。実施の形態1では、半導体レーザ部10b上に、変調用（レーザ発振用）正電極15bを形成し、多モード干渉領域10a、出力導波路領域10cにバイアス用正電極15aを形成したが、本実施の

形態(図5)では、変調用正電極15b'は、半導体レーザ領域10bと多モード干渉領域10aの一部に及び、一方で、バイアス用正電極15a'は、出力導波路領域10cと、多モード干渉領域10aの一部に及んでいる。

#### 【0071】

半導体レーザ素子10'の実際の動作について説明する。変調用正電極15b'に電流を注入していくと、活性層13bと、多モード干渉領域の光導波層13aの変調用正電極15b'の下の領域で発光が起り始め、発光した光は領域10b、10a、10cからなる導波路領域を共振器として利得が全体の損失を上回ったときレーザ発振に達する。変調用正電極15b'以外の部分はバイアス用正電極15a'が形成されており、このバイアス用正電極15a'が形成された部分にバイアス電流を流すことで、光の吸収を抑えることができる。

#### 【0072】

この様な変調用正電極15b'を用いた場合、レーザ素子としての発光領域の面積が大幅に増えたことになる。この為、全体の利得が向上し、発振閾値電流の低下、発光効率の向上はもちろん、電流注入による利得の飽和が起こらず、より高出力のレーザ光を得ることができる。変調用正電極15b'下の活性領域で起った発光は、半導体レーザ領域10b、多モード干渉領域10a、出力導波路領域10cの3領域からなる導波路を共振器としてレーザ発振に及ぶので、出力導波路10eから单一モードの高出力光が取り出せる。実施の形態1の半導体レーザ素子10と比較して、発振閾値電流-10%、効率+5%、最大出力+20%が得られた。

#### 【0073】

その一方で、半導体レーザ素子10'では、第1の実施の形態の半導体レーザ素子10と比較して発光領域の面積が増えたために変調特性が劣化する事が懸念される。本実施の形態の半導体レーザ素子10'では、周波数伝達関数が3dBダウンする変調周波数として500MHzが得られており、目的によっては充分な変調速度がえられた。

#### 【0074】

本実施の形態の半導体レーザ素子10'においても、单一モード導波路10e

は発光に寄与しない領域であり、C O Dが起こることはない。更に、バイアス用正電極15a'および変調用正電極15b'の形成時において、電極形成用マスクの位置合わせを半導体レーザ素子10ほど厳密に行う必要はなく、素子特性に影響を与えない。実際に試作した素子においては、バイアス用正電極15a'および変調用正電極15b'の境界位置が20μm程度変化した場合であっても発光効率はほとんど変化無く、歩留まりに影響を与えたなかった。

#### 【0075】

また、実施の形態1では、半導体レーザ領域10bのアレイ数を増やすことで高出力化を行っていたが、本実施の形態では、レーザ出力の高出力化は、主には活性領域を多モード干渉領域に設けたことで達成されるので、半導体レーザ領域10bのアレイ数は少なくとも良く、最小数1でもよい。この際、レーザ領域10bでのC O Dの発生を避けるために、従来技術で用いられた窓構造など採用する事もできる。

#### 【0076】

この様な半導体レーザ素子10'の更なる改良として、変調用正電極15b'を多モード干渉領域10aの上部にだけ形成する方法が考えられる。レーザの出力が更に大きくなってくると、半導体レーザ領域10bのレーザ後端面でのC O Dが懸念されるが、半導体レーザ領域10bと空気との界面近傍を避けて、多モード干渉領域10aのみ、もしくは多モード干渉領域10aと半導体レーザ領域10bの一部に変調用正電極15b'を形成することでC O Dを避けることができる。半導体レーザ領域10b上で変調用正電極15b'の無い領域の光吸収が懸念される場合にはこの領域にバイアス電極を形成すればよい。

#### 【0077】

##### (実施の形態3)

図6に、本発明の半導体レーザ装置の実施の形態3における半導体レーザ素子20の斜視図を示す。この半導体レーザ素子20は、n型G a A sによって、長手方向寸法が1096μm、幅方向寸法が30μmに構成された半導体基板21を有しており、この半導体基板21の下面に、負電極26が全体にわたって設けられている。なお、図6においては、幅方向寸法に対して長手方向寸法が短く表

わされている。

## 【0078】

半導体基板21の長手方向の一方の側部上には、複数のアレイ状のレーザ発光部20dを有する半導体レーザ領域20bが、長さ250μmにわたって設けられている。この半導体レーザー領域20bに隣接して、各レーザ発光部20dと一体化されて連続する複数の入力導波路20gを有する入力導波路領域20fが、長さ50μmにわたって設けられている。そして、入力導波路領域20fの側方に、各入力導波路20gと一体化されて連続するMMI領域20aが、長さ746μmにわたって設けられており、MMI領域20aの側方に、出力導波路領域20cが、長さ50μmにわたって設けられている。

## 【0079】

半導体基板21上に設けられた半導体レーザ領域20bは、それぞれの幅寸法が1μm程度の5つのレーザ発光部20dが適当な間隔をあけてアレー状に配置されている。各レーザ発光部20dには、基板21上に設けられた厚さが0.5μmのn型GaAsのバッファ層（図示せず）上に、厚さが1.0μmのn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asによって構成された下部クラッド層22が積層されており、この下部クラッド層22上に、厚さが0.12μmのAl<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Asの活性層23、厚さが1.0μmのp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asの上部クラッド層24がそれぞれ積層されている。各レーザ発光部20dの端面には、高反射膜（図示せず）が、それぞれ設けられている。

## 【0080】

半導体レーザ領域20bの中央に位置するレーザ発光部20dは、幅方向中心部が、MMI領域20aにおける幅方向の中心部に一致するように、配置されている。

## 【0081】

半導体レーザ領域20bには、隣接する各レーザ発光部20dの間、および、両側の各レーザ発光部20dの側方に、厚さが1μm程度のp-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As下部ブロック層27a、厚さが1μm程度のn-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As上部ブロック層27bが、それぞれ積層状態で設けられている。

## 【0082】

また、半導体基板21上に設けられたMMI領域20aでは、半導体基板21上に、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As下部ガイド層29a、厚さが0.3μm程度のAl<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>As導波層29b、厚さが1μmのAl<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As上部ガイド層29cが、それぞれ順次積層されている。

## 【0083】

半導体基板21上における半導体レーザ領域20bと、MMI領域20aとの間に設けられた入力導波路領域20fには、半導体レーザ領域20bの5つのレーザ発光部20dと、MMI領域20aとをそれぞれ結合する5つの入力導波路20gが設けられている。各入力導波路20gは、MMI領域20aと同様に、半導体基板21上に、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As下部ガイド層29a、厚さが0.3μm程度のAl<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>As導波層29b、厚さが1μmのAl<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As上部ガイド層29cが、それぞれ順次積層されて構成されている。

## 【0084】

MMI領域20aの側方に配置された出力導波路領域20cには、半導体基板21上面の中央部に、各入力導波路20gから連続して延びる出力導波路20eが設けられている。出力導波路20eは、MMI領域20aと同様に、半導体基板21上に、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>Asによって構成された下部ガイド層29a、厚さが0.3μm程度のAl<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>Asによって構成された導波層29b、厚さが1μmのAl<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>Asによって構成された上部ガイド層29cが、順次積層されて構成されている。出力導波路20eの端面には、数%程度の反射率の低反射膜（図示せず）が設けられている。

## 【0085】

このような構成の半導体レーザ素子20は、次のように製造される。n型GaAsによって構成された半導体基板21上に、まず、半導体レーザ領域20bを形成するために、厚さが0.5μmのn型GaAsのバッファ層（図示せず）、厚さが1.0μmのn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asの下部クラッド層22、厚さが0.12μmのAl<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Asの活性層23、厚さが1.0μmのp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asの上部クラッド層24を、全面にわたって積層する。その後、Si

$\text{O}_2$ マスクを、スパッタ法によって上部クラッド層24の全面にわたって形成した後に、その $\text{SiO}_2$ マスク上に、 $6 \mu\text{m}$ の間隔をあけて幅 $2 \mu\text{m}$ の複数のレジストストライプを作製する。

#### 【0086】

次いで、 $\text{CF}_4$ ガスのリアクティブ・イオン・エッチング（RIE）によって、レジストマスクを $\text{SiO}_2$ に転写し、アッシングにてレジストを除去した後に、クエン酸を用いたエッチャントにてエッチングする。この場合、サイドエッチにより、上下方向の中程が窪むようにエッチングが進み、一定の時間にわたってエッチング処理されることにより、活性層23の幅が $1 \mu\text{m}$ 程度とされる。

#### 【0087】

このような状態になると、電流狭窄のために、厚さが $1 \mu\text{m}$ 程度の $p-\text{Al}_0.3\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ によって構成された下部ブロック層27a、厚さが $1 \mu\text{m}$ 程度の $n-\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ によって構成された上部ブロック層27bが、順次、エッチングされた領域内に埋め込まれる。この場合、埋め込みのための半導体の成長は、 $\text{SiO}_2$ 膜を用いた選択成長にて行うことにより、 $\text{SiO}_2$ 膜上に堆積しない良好な埋め込みができる。その後、 $\text{SiO}_2$ 膜をフッ化水素酸系エッチャントにて除去し、MOCVD法によって、 $p-\text{GaAs}$ キャップ層28を全体にわたって積層する。これにより、図7(a)に示す半導体の積層構造19が得られる。

#### 【0088】

その後、前述の $\text{SiO}_2$ マスクの形成と同様にして、半導体レーザ領域20bを覆う $\text{SiO}_2$ マスクを形成し、硫酸系のエッチャントにて、入力導波路領域20f、MMI領域20a、出力導波路領域20cに対応した部分の積層半導体を、バッファ層および半導体基板21の一部にわたってエッチングする。

#### 【0089】

このような状態になると、半導体レーザ領域20b以外の半導体基板21上に、 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 下部ガイド層29a、厚さが $0.3 \mu\text{m}$ 程度の $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{As}$ 導波層29b、厚さが $1 \mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 上部ガイド層29cを順次積層する。下部ガイド層29aの厚さは、バッファ層のエッチング深さによって異なるが、導波層29bの厚さ方向の中心が、半導体レーザ領域2

0 b の各レーザ発光部 20 d における活性層 23 の厚さ方向の中心と一致するよう に設定される。

## 【0090】

下部ガイド層 29 a、導波層 29 b、上部ガイド層 29 c の各半導体結晶も、 $\text{SiO}_2$  膜を用いた選択成長とすることによって、各半導体結晶が  $\text{SiO}_2$  膜上に成長しない良好な積層構造とすることができます。

## 【0091】

下部ガイド層 29 a、導波層 29 b、上部ガイド層 29 c を順次積層すると、図 7 (b) の半導体の積層構造 19' に示すように、半導体レーザ領域 20 b との境界部分では、下部ガイド層 29 a が半導体レーザ領域 20 b 側に厚く成長するため、導波層 29 b が若干湾曲した状態になる。このような湾曲状態は 10 数  $\mu\text{m}$  に及ぶが、半導体の屈折率が大きいために、各レーザ発光部 20 d から発せられて各導波層 29 b 内に入力される光は、ほとんど広がらない。このように、半導体レーザ領域 20 b における活性層 23 と、入力導波路領域 20 f (図 6) における導波層 29 b とが、良好に光結合されている。

## 【0092】

その後、前述の  $\text{SiO}_2$  マスクの形成と同様にして、入力導波路領域 20 f、MMI 領域 20 a、出力導波路領域 20 c を覆う  $\text{SiO}_2$  マスクにて、入力導波路領域 20 f における 5 つの入力導波路 20 g のパターン、MMI 領域 20 a のパターン、出力導波路領域 20 c における 1 つの出力導波路 20 e のパターンを形成し、ドライエッチングによって、入力導波路領域 20 f、MMI 領域 20 a、出力導波路領域 20 c を、それぞれ、所定のパターンに形成する。

## 【0093】

このような状態になると、 $\text{SiO}_2$  マスクを除去して、半導体基板 21 の裏面の全体にわたって負電極 26 が設けられるとともに、半導体レーザ領域 20 b の全体にわたって、正電極 25 が設けられる。そして、半導体レーザ領域 20 b の各レーザ発光部 20 d の空気との界面であるそれぞれの端面に、高反射膜が蒸着によって設けられるとともに、出力導波路領域 20 c における出力導波路 20 e の空気との界面である端面に、数% 程度の低反射率の反射膜が蒸着によって設け

られる。これにより、図6に示す半導体レーザ素子20とされる。

【0094】

このような構成の半導体レーザ素子20では、半導体レーザ領域20bにおける各レーザ発光部20dが、それぞれ、BHレーザであって、各レーザ発光部20dと各入力導波路20gとがそれぞれ光結合されており、また、各入力導波路20gとMMI領域20aと出力導波路領域20cとが一体的に形成されていることによって、半導体レーザ領域20b、入力導波路領域20f、MMI領域20a、出力導波路領域20c全体が共振器として機能する。その結果、半導体レーザ素子20の出力導波路20eからは、例えば、800nmの発振波長のレーザ光が発振される。

【0095】

半導体レーザ素子20から発振されるレーザ光は、半導体レーザ領域20bにおける各レーザ発振部20dからの全発振光パワーに対して80%の高効率の光出射率になっており、その放射パターンも良好である。発振されるレーザ光の20%の光損失に関しては、半導体レーザ領域20bの各レーザ発振部20dと、入力導波路領域20fの各入力導波路20gとにおける結合損失である。

【0096】

本実施の形態では、各レーザ発光部20dと、入力導波路20gとの反射は、0.3%とわずかであり、半導体レーザ領域20b、入力導波路領域20f、MMI領域20a、出力導波路領域20cの全体にわたって光共振器が形成されており、従って、入力導波路20g内に入射する光の位相条件が、光共振器内を伝播することによって、自然に満たされる。

【0097】

本実施の形態の半導体レーザ素子20の周波数応答について測定したところ、各レーザ発光部20dにおける静電容量が10pF程度と小さく、半導体レーザ素子20全体の周波数伝達関数(3dBダウン)も、2GHz程度になっており、きわめて良好であった。

【0098】

本実施の形態の半導体レーザ素子20では、各入力導波路20g、MMI領域

20a、出力導波路20eの導波層29bが、低光吸収（実質的に光吸収のない）のAlGaAsによって構成されているために、発振閾値電流が低くなっています。低電流にて駆動されるとともに、入力導波路領域20f、MMI領域20a、出力導波路領域20cに対して、特に電圧を印加する必要がない。

## 【0099】

このように、本実施の形態の半導体レーザ素子20は、高出力、高速変調可能であり、しかも、光放射パターンが真円状になっており、さらには、200mWにて10万時間近く動作することができ、信頼性にも優れている。

## 【0100】

MMI領域20aの長さについては、「Journal of Lightwave Technology」第13巻（1995年）、第4号、第615～627ページ（Lucas B. Soldanoら）に記載された数式が適用される。例えば、図11に示す多モード干渉デバイス70では、N個の入力導波路71から多モード干渉領域72に入力される光が、多モード干渉領域72にて干渉して、单一モードとして、1つの出力導波路73から出力されるようになっている。このような多モード干渉領域72の幅をW、隣接する各入力導波路71の間隔をW/N、両側に位置する各入力導波路71と多モード干渉領域72の側面との間隔をそれぞれW/2N、多モード干渉領域72の屈折率をn1、多モード干渉領域72の各側部における屈折率をn2、導波光の真空中での波長をλとすると、多モード干渉領域72における最適な長さは、 $n_1 \cdot W e^2 / \lambda \cdot N$ で表されることになる。ただし、Weは、次の（4）式で表される。

## 【0101】

## 【数1】

$$W_e = W + \frac{\lambda}{\pi \sqrt{n_1^2 - n_2^2}} \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad \dots \quad (4)$$

## 【0102】

## （実施の形態4）

図8に、本発明の半導体レーザ装置の実施の形態4における半導体レーザ素子20'の斜視図を示す。この半導体レーザ素子20'は、図6に示す半導体レー

ザ素子20において、半導体レーザ領域20b'における入力導波路領域20f'側の端面に、誘電体膜としてのSiO<sub>2</sub>膜20hが設けられており、半導体レーザ領域20b'と、入力導波路領域20f'の各入力導波路20gとが、SiO<sub>2</sub>膜製の誘電体膜20hを介して接合されている。従って、半導体レーザ領域20b'は、各端面に誘電体膜20hが設けられた共振器構造になっており、半導体レーザ領域20b'には、活性層23にて発せられた光がレーザ光として発振される複数のレーザ発振部20kがアレイ状に設けられている。

#### 【0103】

また、半導体レーザ領域20b'の長さが250μm、入力導波路領域20f'の長さが308μm、MMI領域20aの長さが746μm、出力導波路領域20cの長さが50μmになっており、全体の長手方向寸法が1354μmとなっている。また、全体の幅方向寸法は30μmになっている。さらには、5つの入力導波路20gのそれぞれの幅寸法が、各レーザ発振領域20kから発振されるレーザ光の出力が最大となるように設定される。例えば、幅方向の両側に位置する各入力導波路20gの幅寸法がそれぞれ0.9μm、これら両側に位置する入力導波路20gにそれぞれ隣接する入力導波路20gの幅方向寸法が、それぞれ1.0μm、幅方向中央部に位置する入力導波路20gの幅方向寸法が1.1μmに設定されている。その他の構成は、図6に示す半導体レーザ素子20と同様になっている。

#### 【0104】

このような構成の半導体レーザ素子20'を製造する場合には、図6に示す半導体レーザ素子20と同様に、まず、半導体基板21上に、図7(a)に示すように、半導体レーザ領域20bと同様の積層構造を形成する。

#### 【0105】

次いで、図6に示す半導体レーザ素子20と同様に、半導体レーザ領域20b'を覆うSiO<sub>2</sub>マスクを用いて、入力導波路領域20f'、MMI領域20a、出力導波路領域20cに対応した部分の積層半導体を、バッファ層および半導体基板21の一部にわたってエッチングして半導体レーザ領域20b'を形成する。

## 【0106】

その後、バイアススパッタ法によって、半導体基板21にバイアス電圧を印加しつつ、 $\text{SiO}_2$ 膜20hを、エッティングによって形成された半導体レーザ領域20b'の端面に沿って形成する。このようなバイアススパッタ法では、 $\text{SiO}_2$ 膜20hは、半導体基板21上には堆積されず、半導体レーザ領域20b'の上面および端面に沿ってのみ形成される。

## 【0107】

このような状態になると、半導体レーザ領域20b'以外の半導体基板21上に、 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 下部ガイド層29a、厚さが0.3μm程度の $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{As}$ 導波層29b、厚さが1μmの $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 上部ガイド層29cを順次積層する。下部ガイド層29aの厚さは、バッファ層のエッティング深さによって異なるが、導波層29bの厚さ方向の中心が、半導体レーザ領域20b'の各レーザ発振部20kにおける活性層23の厚さ方向の中心と一致するように積層される。

## 【0108】

下部ガイド層29a、導波層29b、上部ガイド層29cの各半導体結晶も、 $\text{SiO}_2$ 膜を用いた選択成長とすることによって、各半導体結晶が $\text{SiO}_2$ 膜上に成長しない良好な積層構造とすることができます。しかも、半導体レーザ領域20b'の端面に $\text{SiO}_2$ 膜製の誘電体膜20hが形成されていることによって、各半導体結晶の水平方向の結晶成長が抑制されるために、半導体レーザ領域20b'と入力導波路領域20f'との光結合が良好に行われる。

## 【0109】

その後、前述の $\text{SiO}_2$ マスクの形成と同様にして、入力導波路領域20f'、MMI領域20a、出力導波路領域20cを覆う $\text{SiO}_2$ マスクを用いて、入力導波路領域20f'における5つの入力導波路20gのパターン、MMI領域20aのパターン、出力導波路領域20cにおける1つの出力導波路20eのパターンを、縮小露光法によって形成する。

## 【0110】

縮小露光法は、図9に示すように、入力導波路領域20f'における各入力導

波路20gのパターン、出力導波路20eのパターンが拡大状態で形成されたフォトマスク31を、紫外線によって、半導体積層体32に対して露光するようになっており、従って、各入力導波路20gの幅方向寸法を、0.05μm以下のばらつきにて形成することができる。

#### 【0111】

通常の露光法では、マスクに形成される入力導波路20gの幅方向の寸法は、0.05μm程度のバラツキによって制御されるが、形成される入力導波路20gの幅寸法の精度はさらに悪化する。これに対して、縮小露光法では、縮小率を1/10とすると、半導体基板21上でのマスクの精度も、1/10程度になり、入力導波路20gの幅方向の寸法のバラツキを0.005μm程度に抑制することができる。従って、各入力導波路20gの幅方向寸法を、0.1μm程度ずつ変化させるに場合には、変化量の1/20の誤差と/orすることができ、従って、位相変化の誤差も、1/20程度に抑制することができる。

#### 【0112】

縮小露光法によって、入力導波路領域20f'における各入力導波路20gのパターン、MMI領域20aのパターン、および出力導波路20eのパターンがそれぞれ形成されると、ドライエッチングされて、入力導波路領域20f'、MMI領域20a、出力導波路領域20cが、それぞれ、所定のパターンにて形成される。

#### 【0113】

このような状態になると、SiO<sub>2</sub>マスクを除去して、半導体基板21の裏面の全体にわたって負電極26が設けられるとともに、半導体レーザ領域20b'の全体にわたって、正電極25が設けられる。そして、半導体レーザ領域20b'の各レーザ発振部20kの空気との界面であるそれぞれの端面に、高反射膜が蒸着によって設けられるとともに、出力導波路領域20cにおける出力導波路20eの空気との界面である端面に、数%程度の低反射率の反射膜が蒸着によって設けられる。これにより、図8に示す半導体レーザ素子20' とされる。

#### 【0114】

MMI領域20aにおいて、最大の光出力を得るために、MMI領域20a

に入射される各レーザ光の位相が、MM I 領域に入射する際に、それぞれ変化していることが必要である（「Applied optics」第34巻、第30号、第6898～6910ページ（M. Bachmannら）参照、この文献では、近似的な解のみが与えられている）。図11に示すMM I 光合流器では、 $i$ 番目の入力導波路の光の位相が次の式を満足するときに、ほぼ最大の光出力が得られる。

## 【0115】

$$\Phi = (-\pi/N) \cdot (i-1) \cdot (N-1)$$

本実施の形態において、5つの入力導波路20gに入力される光の相対的な位相が、(0, -0, 6π, -0, 8π, -0, 6π, 0) である場合に、レーザ光の出力が最大になる。本実施の形態において、一対の入力導波路20gの幅方向寸法が、10%異なっていることによって、等価屈折率は0.00065だけ変化することが確認されており、従って、各入力導波路20gの幅方向寸法を、10%ずつ変化させて、0.9μm, 1.0μm, 1.1μm, 1.0μm, 0.9μmとすることにより、各入力導波路20g内を伝播する光の相対位相を(0, -0, 5π, 0, -0, 5π, -π, ) とすることができます。各入力導波路20gに入力される光の位相は、半導体レーザ領域20b'における各レーザ発振部20dから発振されるレーザ光の位相を(0, -π, 0, -π, 0) とすると、各入力導波路から出る光の位相は、(-π, -1.5π, 0, -1.5π, -π) となり、 $2\pi$ の周期性を考慮すると、(0, -0.5π, -π, -0.5π, 0) となる。これにより、MM I 領域20a内に入射される最適な位相条件にほぼ近い位相条件とすることができます。本実施の形態の半導体レーザ素子20'から出射されるレーザ光の波長は800nmである。

## 【0116】

なお、本実施の形態では、各入力導波路20gの幅方向寸法をそれぞれ変更することによって、各入力導波路20gにおける等価屈折率をそれぞれ変化させる構成としたが、各入力導波路20gの両側における空間内に、適当な材料を埋め込むことによって、各入力導波路20gにおける等価屈折率を変更するようにしてもよい。

## 【0117】

本実施の形態の半導体レーザ素子20'から発振されるレーザ光は、半導体レーザ領域20b'における各レーザ発振部20kからの全発振光パワーに対して70%の高効率にてレーザ光が出射されており、その放射パターンも良好である。発振されるレーザ光の30%の光損失に関しては、半導体レーザ領域20b'の各レーザ発振部20のから入力導波路領域20f'の各入力導波路20gに対する結合損失が10%、MMI領域20aから出力導波路20eに対する結合損失が20%である。MMI領域20aから出力導波路20eに対する結合損失が20%になる最大の原因是、MMI領域20aにおける各レーザ光の位相を完全に一致させることができないことによるものであるが、各入力導波路20gの幅方向寸法を、それぞれ $1\mu\text{m}$ として、位相の調整を全く行わない場合には、半導体レーザ素子全体の光損失は60%となる。

## 【0118】

また、ビーム伝搬法等の設計手段を用いる事で、各入力導波路部20gが等間隔に並んでいなくても良いことが確認されている。この場合、多モード干渉領域20aに対する入力導波路20gの位置を調整することで、入力導波路20gの幅を一定に保ったまま、位相調整と同等の効果が得られる。

## 【0119】

なお、各入力導波路20gの幅方向寸法をそれぞ変化させることによる位相の調整は、M. Bachmannらの論文に基づく近似解を使用したが、ビーム伝搬法に基づいて調整することにより、MMI領域20a内に入射される各光位相を、(0, -0.64π, -0.85π, -0.64π, 0)とすることができます、光損失をほぼ0%とすることができます。

## 【0120】

本実施の形態の半導体レーザ素子20'の周波数応答について測定したところ、各レーザ発振部20kにおける静電容量は、10pF程度であり、半導体レーザ素子20'全体の周波数伝達関数(3dBダウン)も、2GHz程度と良好であった。

## 【0121】

本実施の形態の半導体レーザ素子20'では、各入力導波路20g、MMI領域20a、出力導波路20eの導波層29bが、光吸収のないAlGaAsによって構成されているために、発振閾値電流が低くなるために、低電流にて駆動することができる。従って、本実施の形態の半導体レーザ素子20'は、高出力、高速変調可能であり、しかも、光放射パターンが真円状になっており、さらには、200mWにて10万時間に近く動作させることができ、信頼性にも優れている。

【0122】

なお、本発明の実施の形態に示される半導体レーザ素子は、1つの半導体基板21上に、半導体レーザ領域と、MMI領域を一体的に集積したモノリシック型であったが、ハイブリッド型、バルク型であってもよい。

【0123】

また、半導体レーザ領域に設けられるレーザ発振部の数は、特に限定されるものではない。また、各レーザ発振部の配置も、MMI領域に対して中心対称に配置する必要もない。

【0124】

また、本発明の実施の形態に示される半導体レーザ素子およびその構成要素の各寸法は一例であり、それに限定されない。

【0125】

また、本発明の実施の形態で説明されるレーザ光は、可視領域の波長の電磁波に限定されない。

【0126】

さらに、MMI領域の終端においては、導波光は、单一モードになるために、特に出力導波路を設ける必要はないが、出力導波路を設けることによって、出力導波路の任意の部分にて素子のへき開を行うことができるために、素子の作製の歩留まりが向上する。また、出力導波路を設ける場合には、1つに限らず、MMI領域に入力されるレーザ光の数よりも少ない複数の出力導波路を設けるようにしてもよい。

【0127】

半導体レーザ領域におけるレーザ発振部の構成は、B H レーザに限らず、V 溝埋め込みレーザ構造、リッジ電流狭窄レーザ構造等であってもよい。いずれの場合も、各レーザ発振部における静電容量によって、素子全体の伝達関数（変調特性）が決定されるが、通常のブロードエリアレーザよりも高速変調が可能であり、しかも、高出力であって、真円に近い放射パターンが得られる。

## 【0128】

図10 (a) は、本発明の半導体レーザ素子を使用した光送信器43が搭載されたパーソナルコンピューター40を示す斜視図である。このパーソナルコンピューター40は、ラップトップ型であり、キーボード等の入力操作部が設けられた本体部41と、この本体部41に対して回動可能に取り付けられた蓋部42とを有しており、蓋部42には、表示画面が設けられている。そして、蓋部42における一方の側面に、光送信器43が設けられている。

## 【0129】

光送信器43は、パーソナルコンピューター40の本体部41から送信されるデータ信号を、レーザ光に変調して、空間内に出射するようになっている。空間内に出射されたレーザ光は、受信装置を有するパーソナルコンピュータ、光通信ハブ等にて受信されるようになっており、これにより、データ伝送が実現される。

## 【0130】

図10 (b) は、その光送信器43の断面図である。この光送信器43では、回路基板43a上に信号変調用IC43bが実装されており、パーソナルコンピューター40の本体部41から送られるデジタル信号が、信号変調用IC43bにて変調用信号に変換される。回路基板43aには、本発明の半導体レーザ素子10が搭載されており、その半導体レーザ素子10の近傍に、電極43cが設けられている。半導体レーザ素子10には、信号変調用IC43bにて変調された変調信号が、電極43cを介して与えられるようになっており、その変調信号にて半導体レーザ素子10が駆動される。

## 【0131】

半導体レーザ素子10は、レーザ保護カバー43dによって覆われており、レ

ーザ保護カバー43dには、半導体レーザ素子10から出射されるレーザ光が通過する光拡散板43eが設けられている。光拡散板43eは、人体、特に網膜に対する安全性が確保されるように、半導体レーザ素子10から出射されるレーザ光を拡散させた状態で通過させるようになっている。

#### 【0132】

レーザ保護カバー43dは、樹脂モールドレンズ43fにて覆われており、半導体レーザ素子10から出射されて、拡散板43eを通過したレーザ光は、樹脂モールドレンズ43fを通って空間に照射される。樹脂モールドレンズ43fには、光を拡散する粒子が混入されており、樹脂モールドレンズ43fによっても、網膜に対する安全性が確保されている。

#### 【0133】

このような光送信器43が設けられたパーソナルコンピュータ40では、光送信器43に設けられる半導体レーザ素子10が、従来の半導体レーザ素子に比較して、著しく高寿命であり、長期にわたって安定的に使用することができる。このように、半導体レーザ素子10が高寿命になっているために、パーソナルコンピュータ40は、半導体レーザ素子10が寿命になるまで使用することができる。その結果、通常は、最も寿命の短い発光素子によって、パーソナルコンピュータ自体の寿命が決定されているが、半導体レーザ素子10を使用することによって、パーソナルコンピュータ40自体の信頼性が著しく向上する。

#### 【0134】

本発明の半導体レーザ素子10では、真円に近いビームが得られるために、特別なレンズを必要とせず、従って、安価であって製造が容易な樹脂モールドレンズ43fを使用することができる。これにより、製品全体のコストダウンおよび軽量化が図れる。

#### 【0135】

なお、半導体レーザ素子10としては、図5、図6および図8に示す半導体レーザ素子10'、20および20'も使用することができる。また、本発明の半導体レーザ素子は、パーソナルコンピュータ40に設ける構成に限らず、動画伝送用VTR等の光送信が行われる任意の機器に用いられ得る。

【0136】

【発明の効果】

上記のように、本発明の半導体レーザ素子は、レーザ共振器内部に、半導体レーザ領域、多モード干渉領域および出力導波路領域を含むことで、单一モード発光で、高出力且つ高信頼性の半導体レーザ素子を得ることができる。

【0137】

また、複数の発光部またはレーザ発振部を有する半導体レーザ領域と、各発光部またはレーザ発振部から発せられる光またはレーザ光を干渉させて单一モードとする多モード干渉領域とが一体化されているために、高出力で单一モードの放射ビームが得られ、且つ、各発光部または各レーザ発振部における静電容量を小さくする事ができ、高速変調が可能となる。

【0138】

これら本発明の半導体レーザ素子は、ワイヤレス光通信の光源として好適に使用する事ができる。このような半導体レーザ素子を使用した電子機器は、半導体レーザ素子が高寿命化されているために、長期にわたって安定的に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態における半導体レーザ素子を示す一部破断斜視図。

【図2】

本発明の実施の形態における半導体レーザ素子の製造工程を示す斜視図。

【図3】

本発明の実施の形態における半導体レーザ素子の等価回路図である。

【図4】

本発明の実施の形態における半導体レーザ素子の周波数伝達関数の特性を示すグラフ。

【図5】

本発明の実施の形態における半導体レーザ素子を示す一部破断斜視図。

【図6】

本発明の実施の形態における半導体レーザ素子を示す斜視図。

【図7】

(a) および (b) は、それぞれ 本発明の実施の形態における半導体レーザ素子の製造工程を示す斜視図。

【図8】

本発明の実施の形態における半導体レーザ素子を示す斜視図。

【図9】

本発明の実施の形態における半導体レーザ素子を作製する際の縮小露光法を示す斜視図。

【図10】

(a) は、本発明の実施の形態における、本発明の半導体レーザ素子が設けられたパーソナルコンピューターを示す斜視図、

(b) は、図10 (a) に示されるパーソナルコンピューターに設けられた送信器の概略構成図。

【図11】

MMI光合流器の概略構成図。

【図12】

従来の半導体レーザ素子を示す断面図。

【図13】

従来の半導体レーザ素子を示す一部破断斜視図。

【符号の説明】

10 半導体レーザ素子

10a MMI領域

10b 半導体レーザ領域

10c 出力導波路領域

10d レーザ発光部

10e 出力導波路

11 半導体基板

12a、12b、12c 下部クラッド層

13a、13c 導波層

13b 活性層

14a、14b、14c 上部クラッド層

15a バイアス用正電極

15b 變調用正電極

16 負電極

20、20' 半導体レーザ素子

20a MM I領域

20b 半導体レーザ領域

20c 出力導波路領域

20d レーザ発光部

20e 出力導波路

20f 入力導波路領域

20g 入力導波路

20h 誘電体膜

20k レーザ発振部

21 半導体基板

22 下部クラッド層

23 活性層

24 上部クラッド層

25 正電極

26 負電極

27a 下部ブロック層

27b 上部ブロック層

28 キャップ層

29a 下部ブロック層

29b 導波層

29c 上部ブロック層

31 フォトマスク

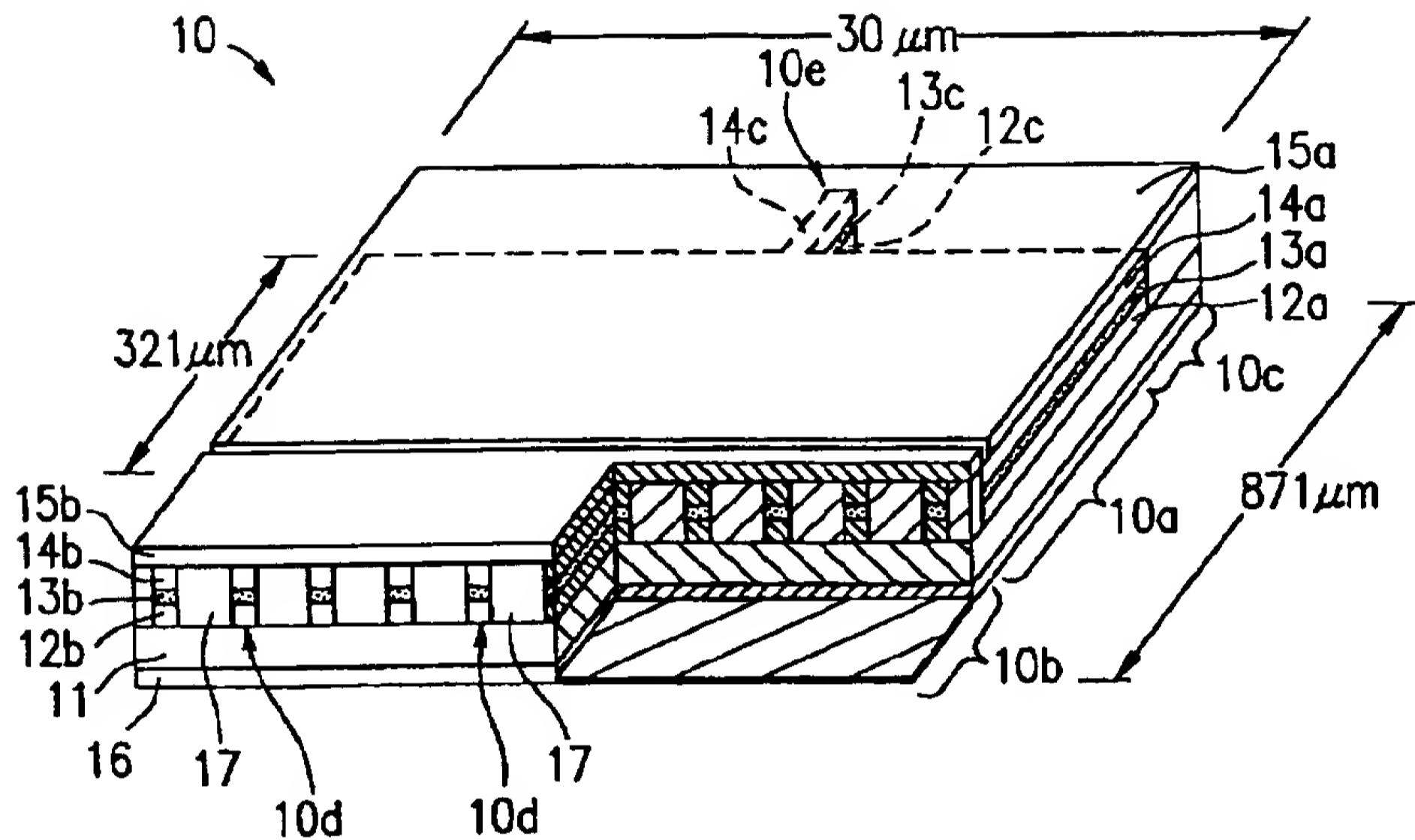
特2000-284429

40 パーソナルコンピュータ

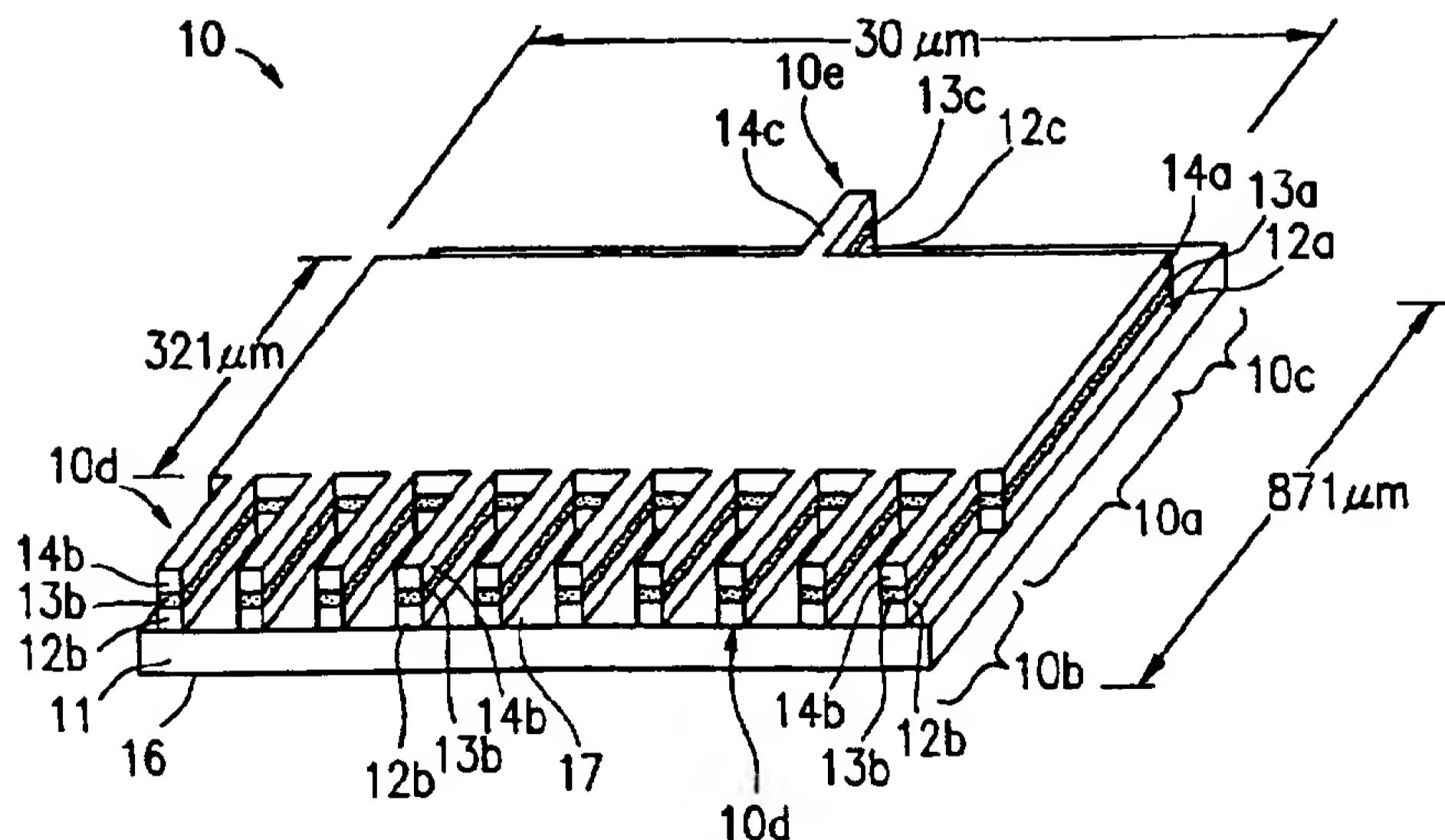
43 光送信器

【書類名】 図面

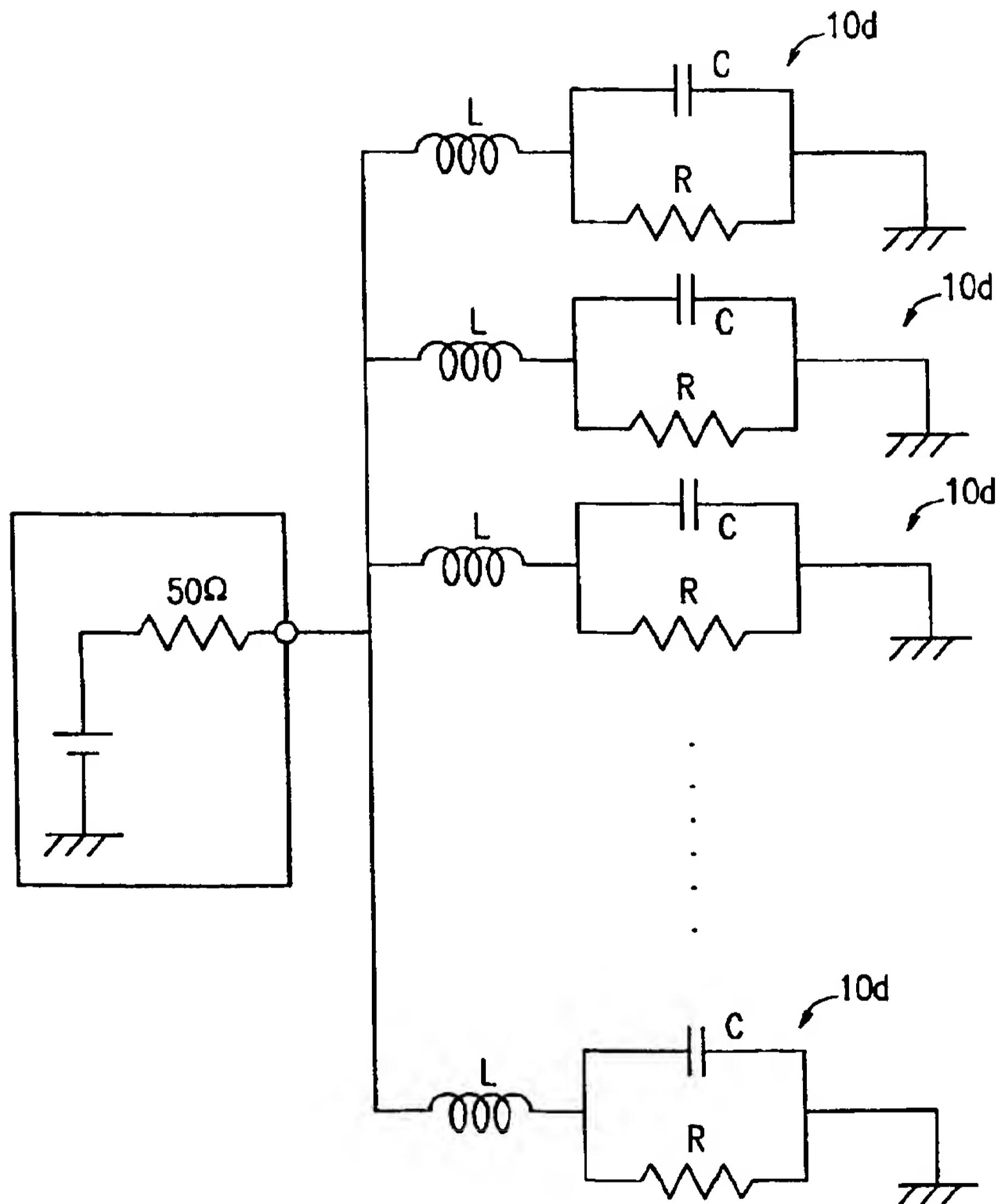
【図1】



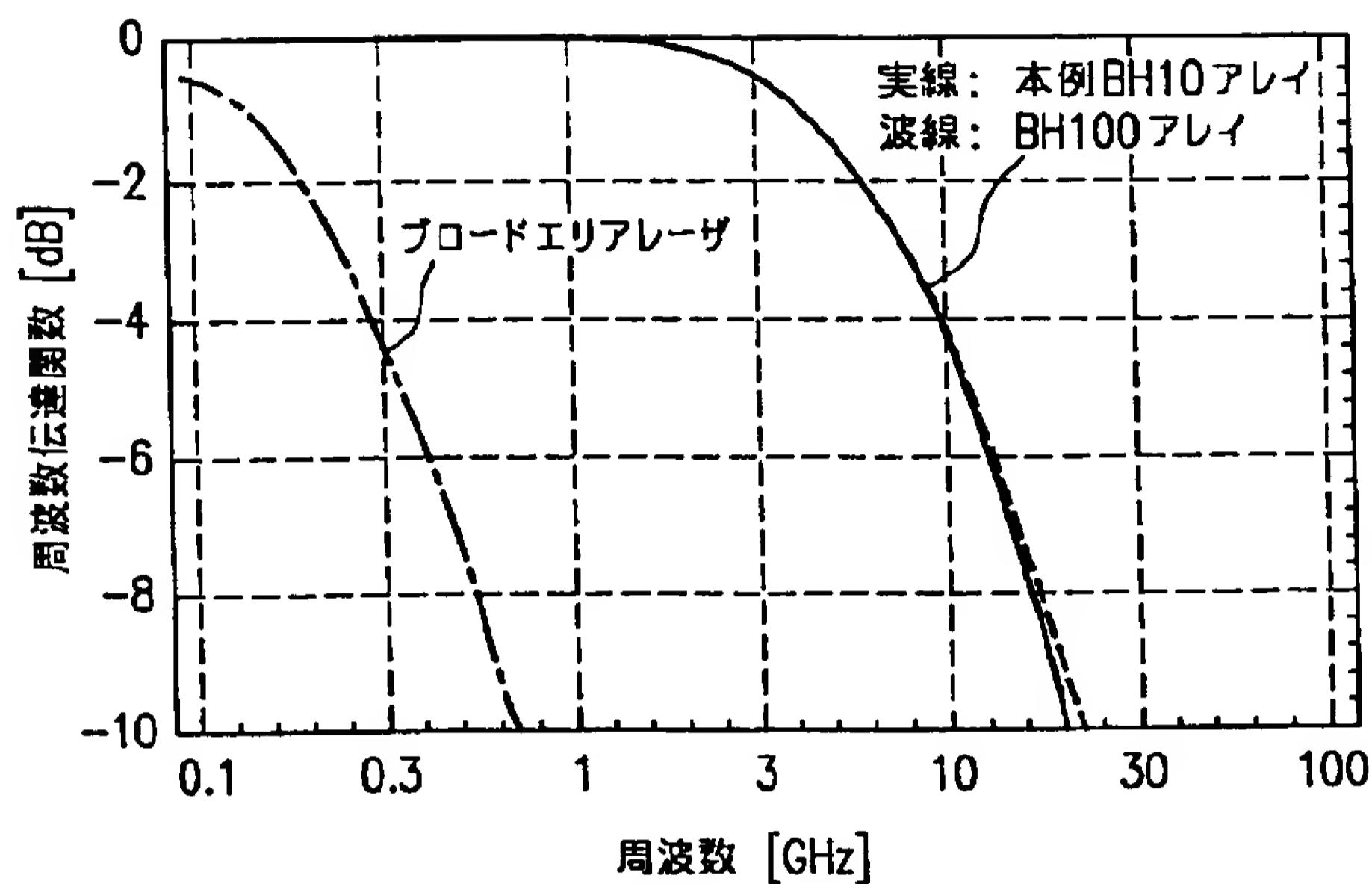
【図2】



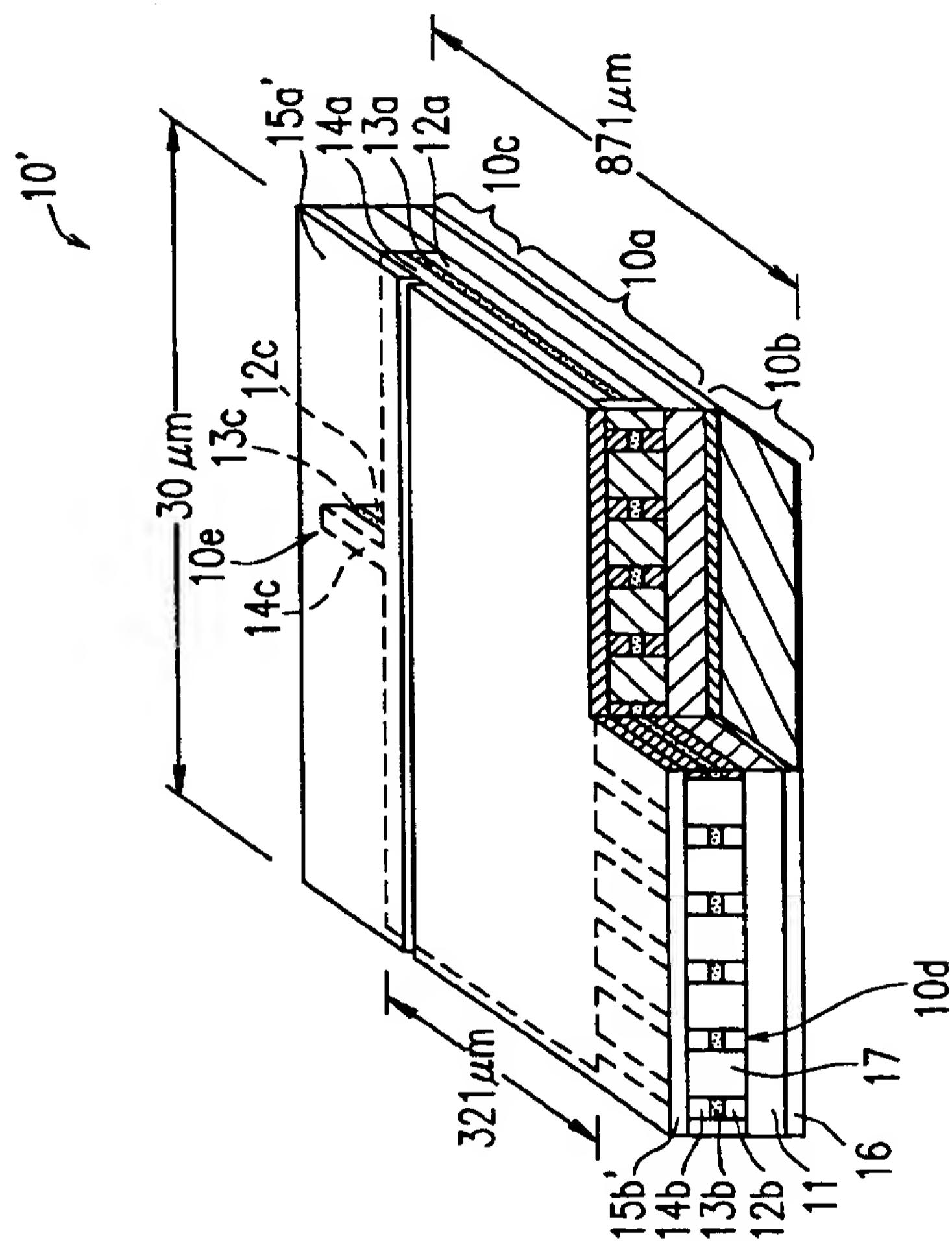
【図3】



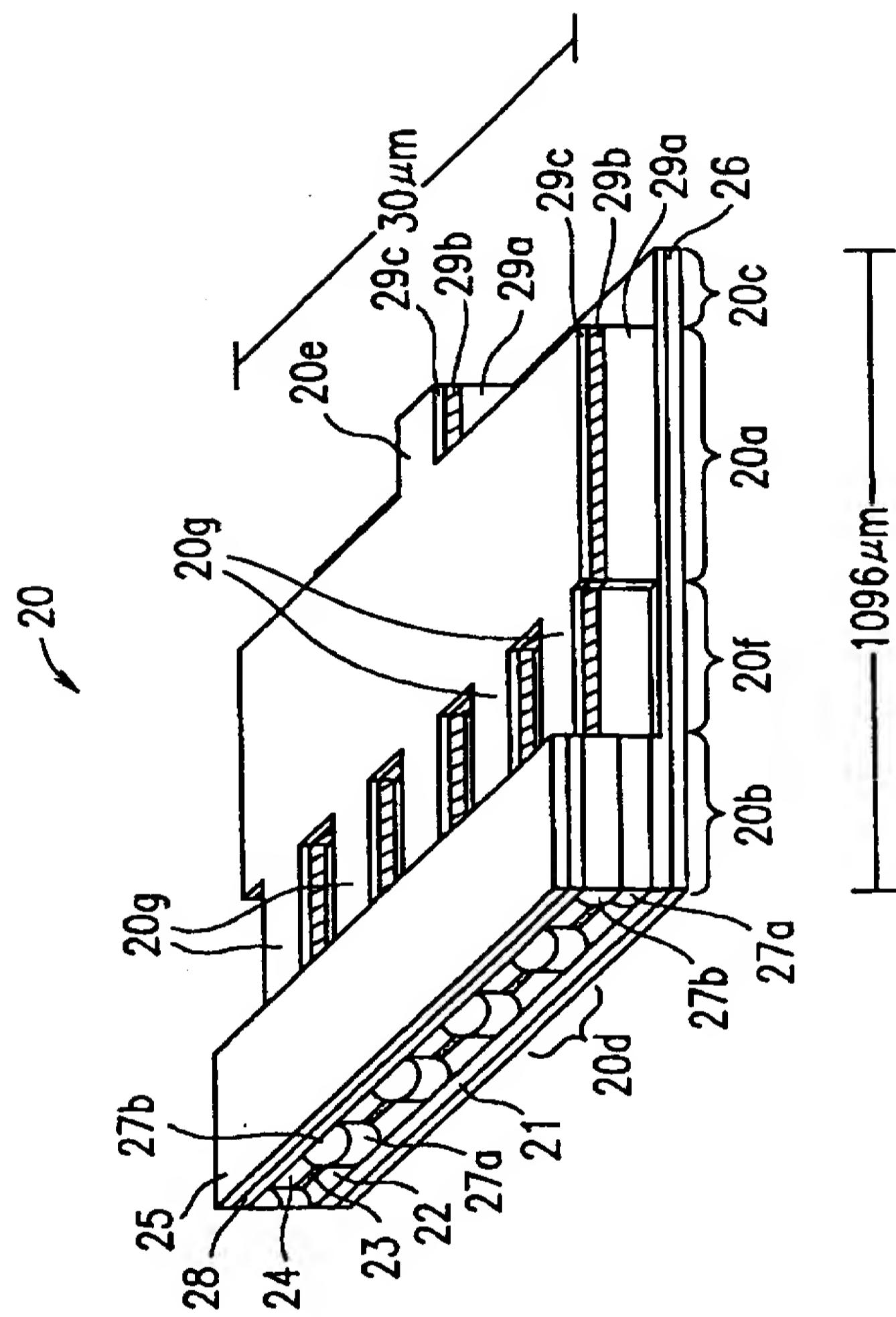
【図4】



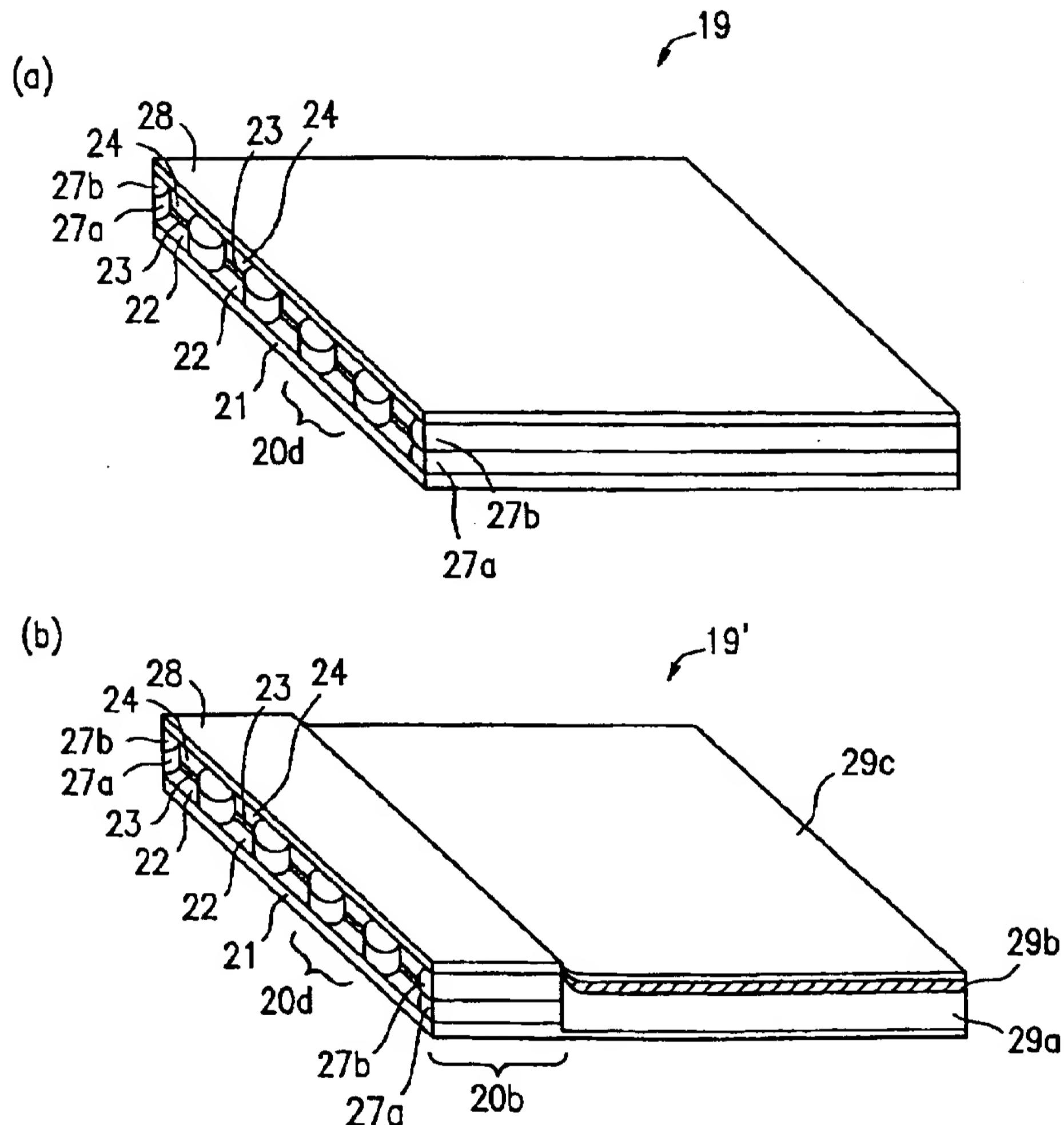
【図5】



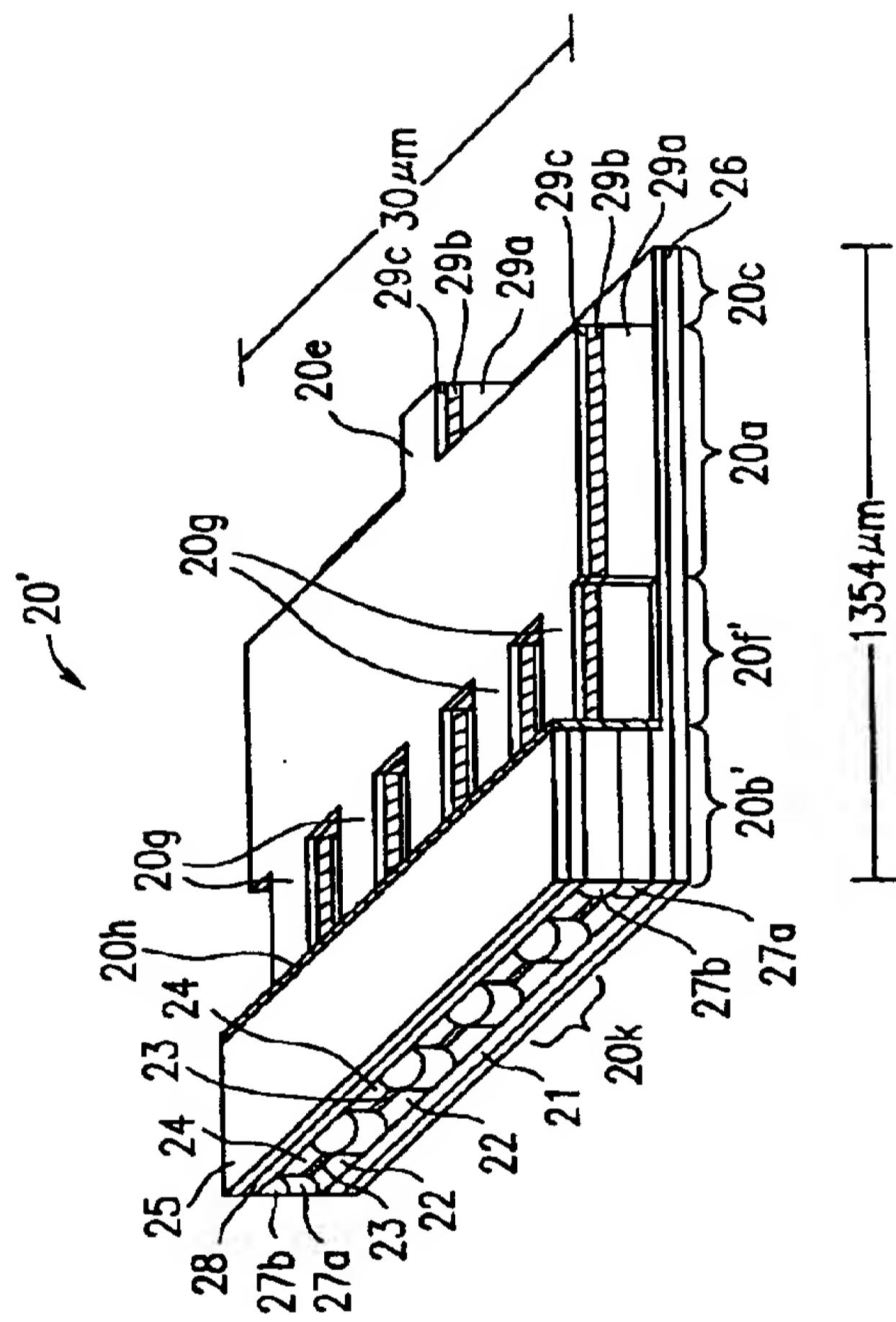
【図6】



【図7】

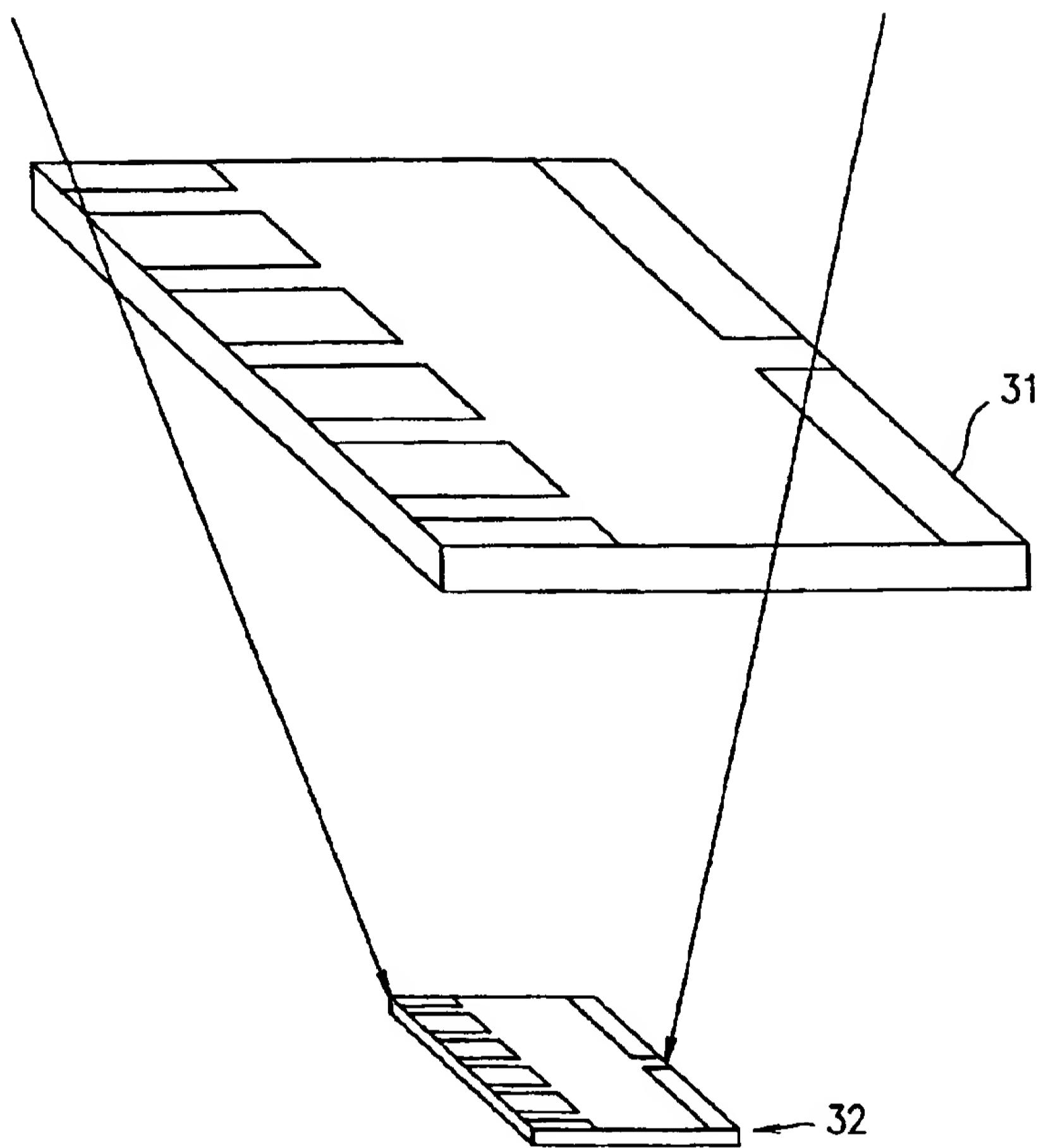


【圖 8】

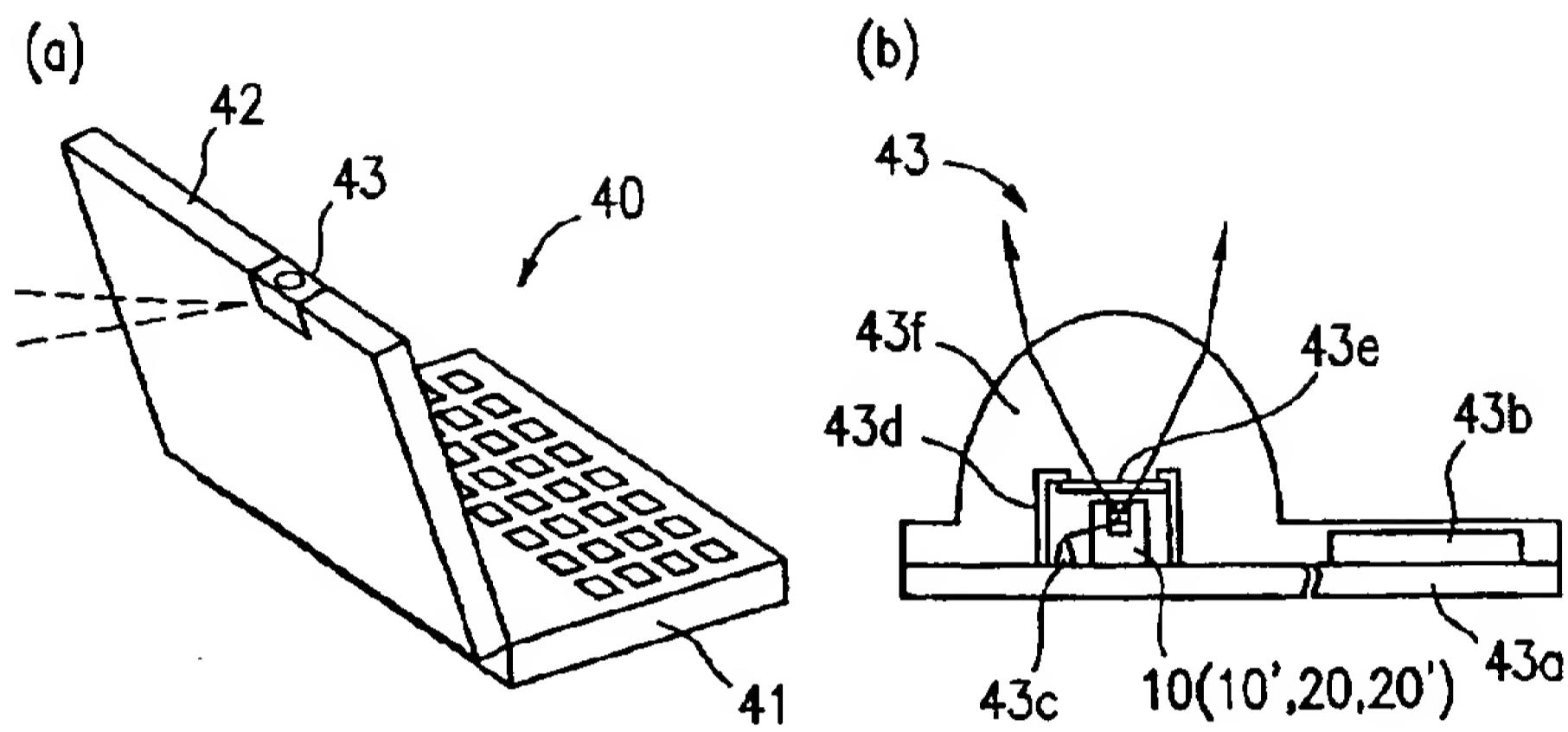


特2000-284429

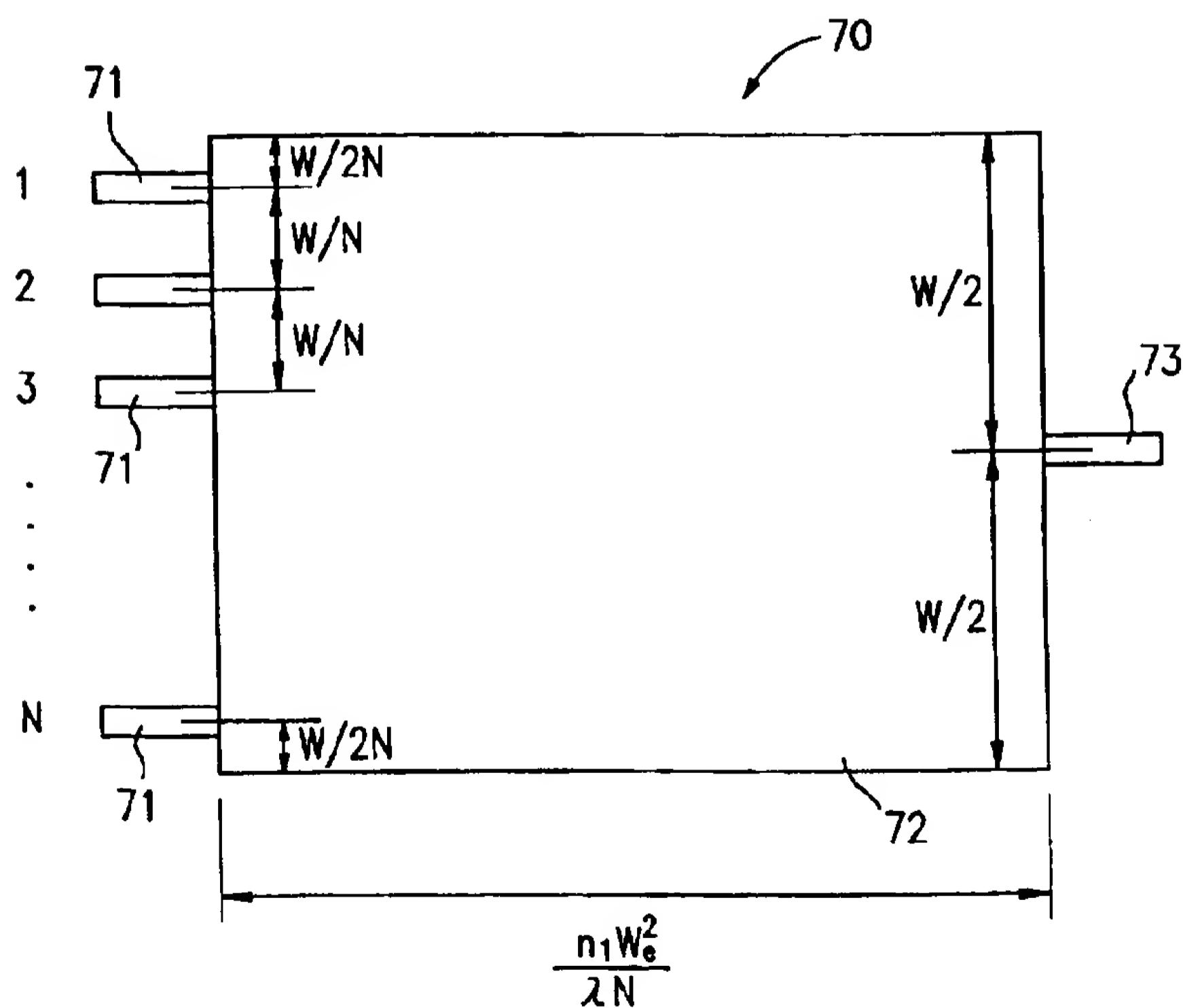
【図9】



【図10】

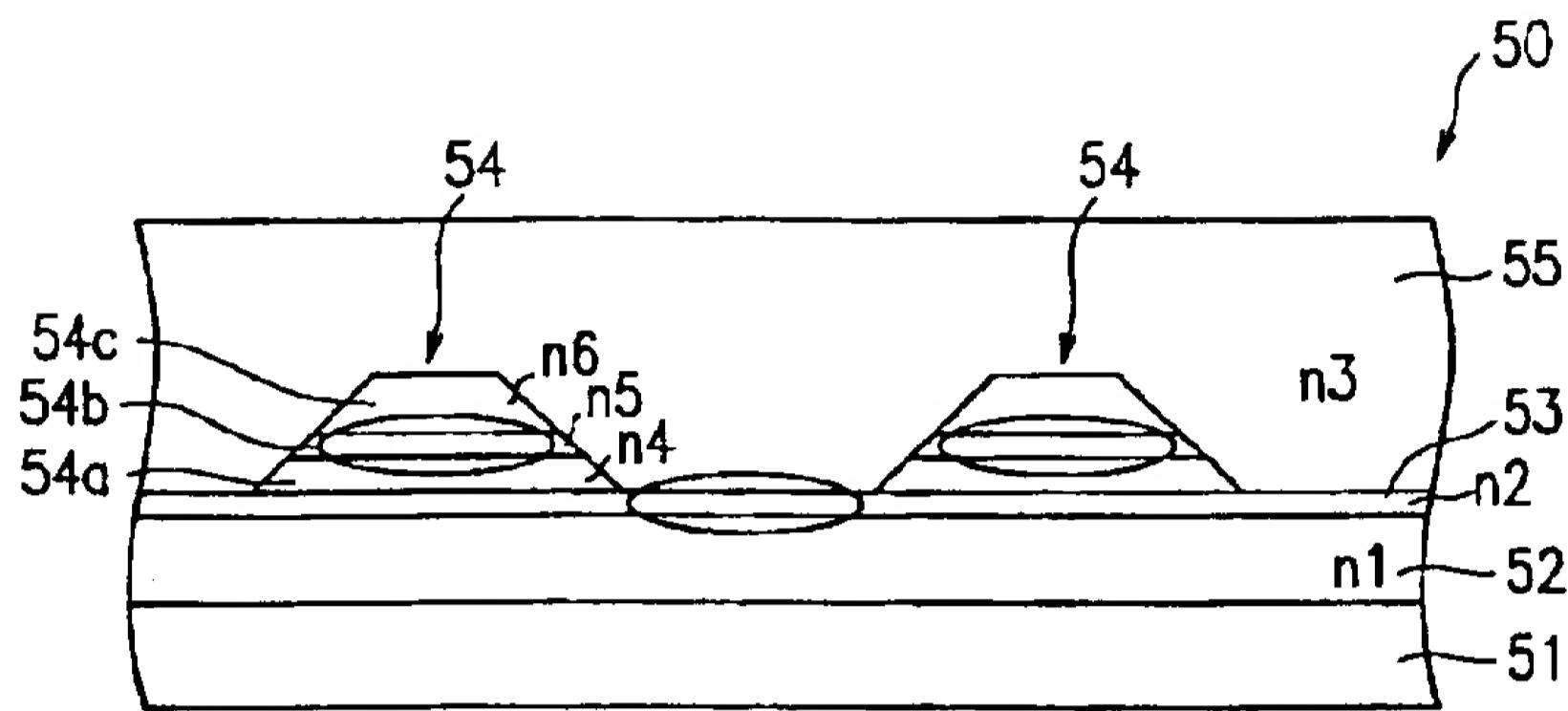


【図11】

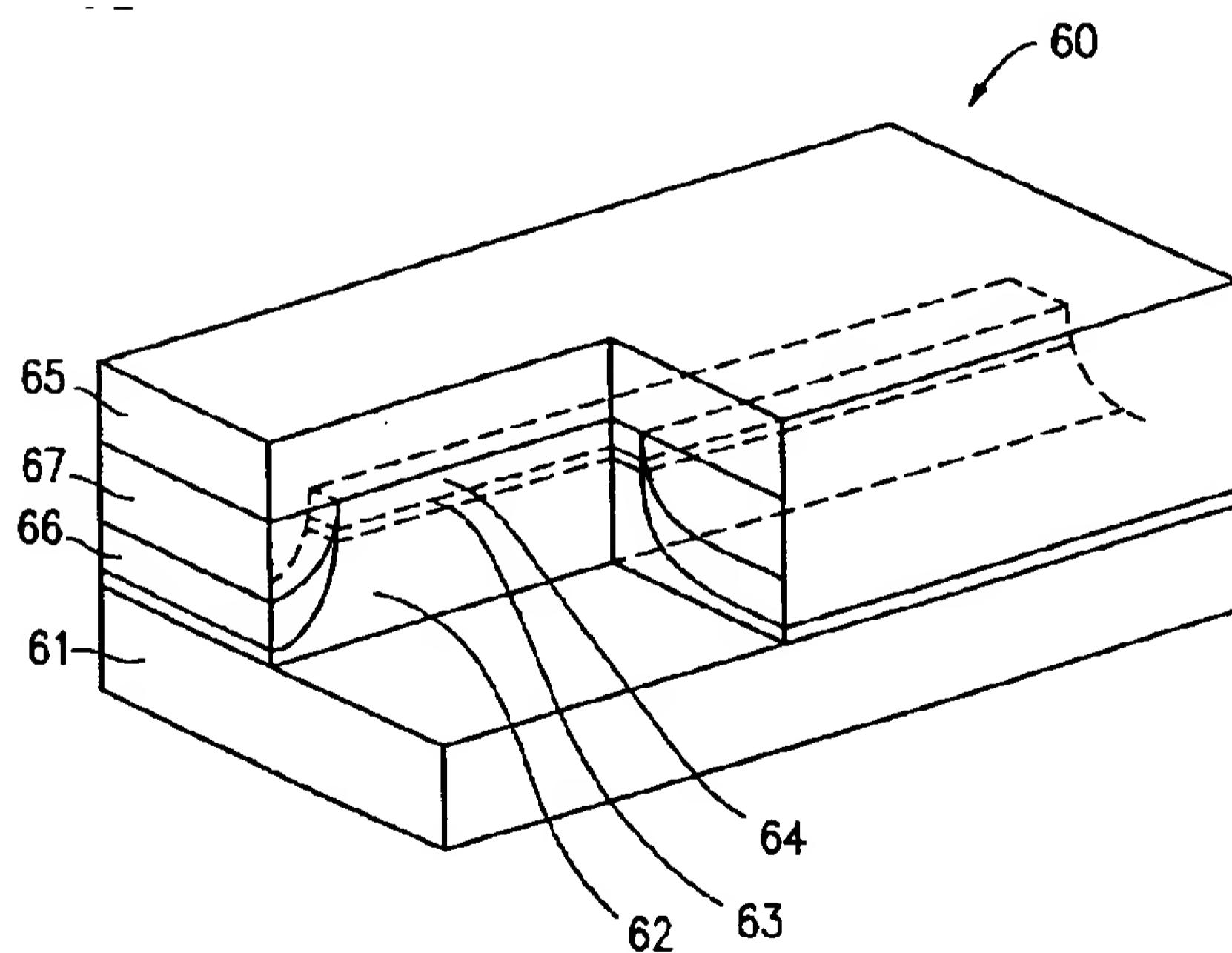


特2000-284429

【図12】



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速変調が可能であり、しかも、高出力であって、真円状の均一な放射ビームが得る。

【解決手段】 半導体基板11上に、半導体レーザ領域10bと、MMI領域10aと、出力導波路領域10cとが設けられている。半導体レーザ領域10bには、活性層13bから光がそれぞれ発せられる複数のレーザ発光部10dがアレイ状に配置されている。半導体レーザ領域10aの各レーザ発光部10dからそれぞれ発せられる光は、MMI領域10aの導波層13a内に入射される。導波層13a内を伝播する各光は合流されて、レーザ光として、出力導波路10eから出射される。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
氏 名 シャープ株式会社